

आहे सूक्ष्म तरीही

चारुदत्त नवरे

चित्र - रेशमा बर्वे



चारुदत्त नवरे हे जीवशास्त्रज्ञ आहेत. सध्या ते होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्र, टाटा मूलभूत संशोधन संस्था, मुंबई येथे पीएच. डी. करत आहेत. त्यांना राष्ट्रीय रासायनिक प्रयोगशाळा, पुणे आणि आयकान स्कूल ऑफ मेडिसिन ॲंट माउंट सायनाइ, न्यु यार्क येथील संशोधनाचा अनुभव आहे.

रेशमा बर्वे यांनी पुण्याच्या अभिनव कला महाविद्यालयातून व्यावसायिक कला शाखेचे शिक्षण घेतले आहे. त्या एक स्वतंत्र चित्रकार व डिझायनर आहेत. त्यांनी मुलांसाठीच्या अनेक पुस्तकांचे चित्रांकन केले आहे.

हे पुस्तक 'टाटा ट्रस्ट' यांच्या आर्थिक
सौजन्याने तयार झाले आहे.

सर्व हक्क सुरक्षित

प्रथम संस्करण : जानेवारी 2017

TATA TRUSTS

टाटा ट्रस्ट ही सामुहिक विकासासाठी काम करणारी भारतातील खूप जुनी लोकोपयोगी काम करणारी संस्था आहे. शिक्षण क्षेत्रात सर्वांना समान संधी आणि त्यांना शिक्षणाचा लाभ मिळविण्यासाठी तंत्रज्ञानाचा वापर यासारख्या कठीण बाबींवर मात करत ती काम करत आहे. शिक्षणापासून वंचित असलेल्या गरीब मुलांना आणि तरुणांना दर्जेदार शिक्षण उपलब्ध करून देणे हे टाटा ट्रस्टचे ध्येय आहे.

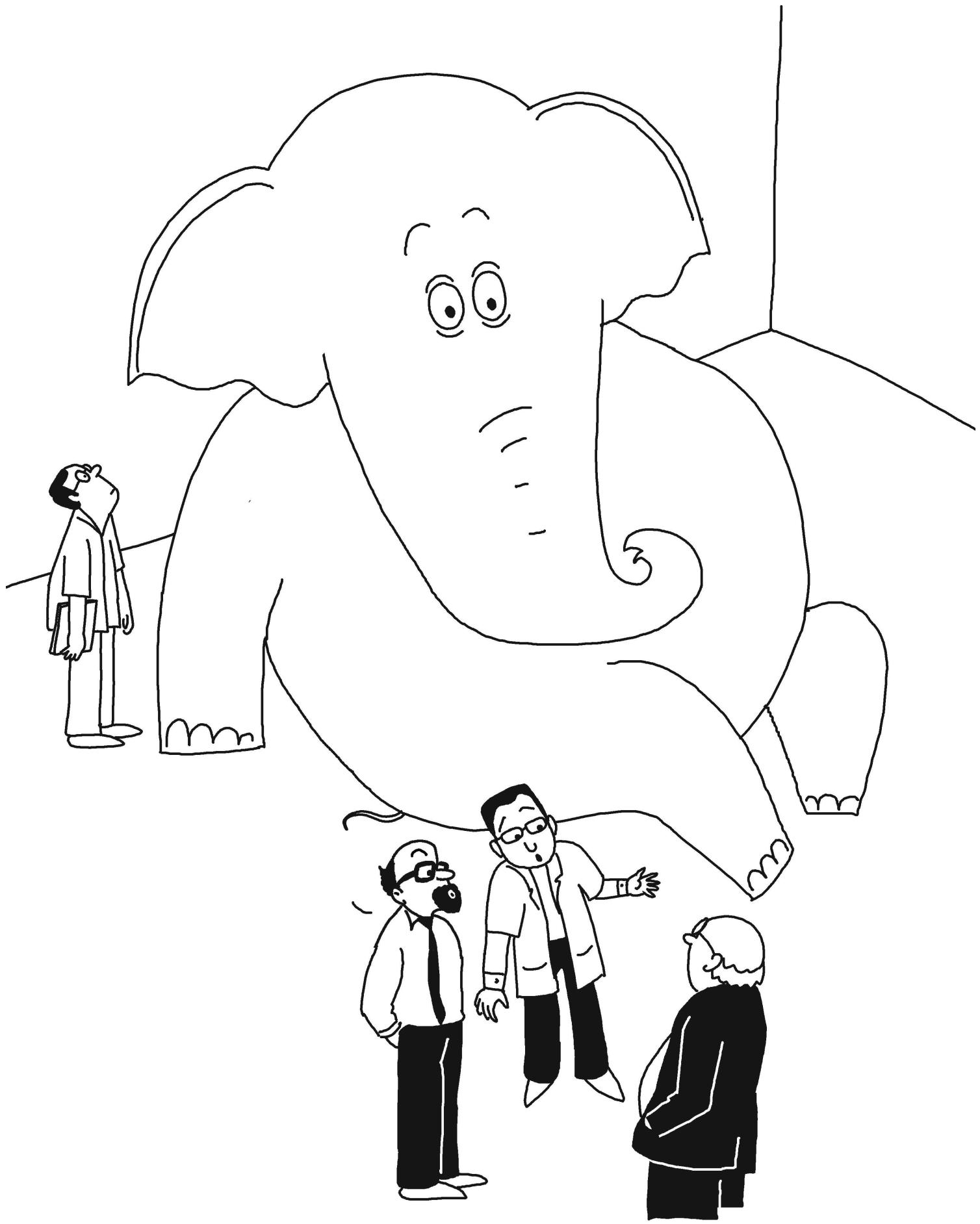
आहे सूक्ष्म तरीही

चारुदत्त नवरे

चित्र - रेशमा बर्वे

अनुक्रमणिका

ममीज, परलोक आणि सूक्ष्मजीव.....5	
आपल्यातील सूक्ष्मजीवांशी ओळख.....8	
कुठलं औषध तुम्हाला लागू पडेल?.....11	
अंतर्ज्ञान.....13	
आपल्याला हे कधी आणि कसं कळलं ?.....14	
अन्नापासून शिकणारे जीवाणु.....16	
आपण आणि ते19	
बदलांबदल.....22	
अजूनही चांदरात आहे.....28	
नाहीतरी हे शरीर नवकी कोणाचं आहे.....31	
लीलीपुटचे लोक.....34	
भविष्य: तसं ते आत्ताच इथे आलं आहे, फक्त सगळीकडे सारख्या प्रमाणात नाहीये!38	
पाताळ—(जीवाणु)—ईश्वर	
नवीन वारे.....40	
The Person of the Year — तुम्हीच!41	
Notes.....42	



ममीज, परलोक आणि सूक्ष्मजीव



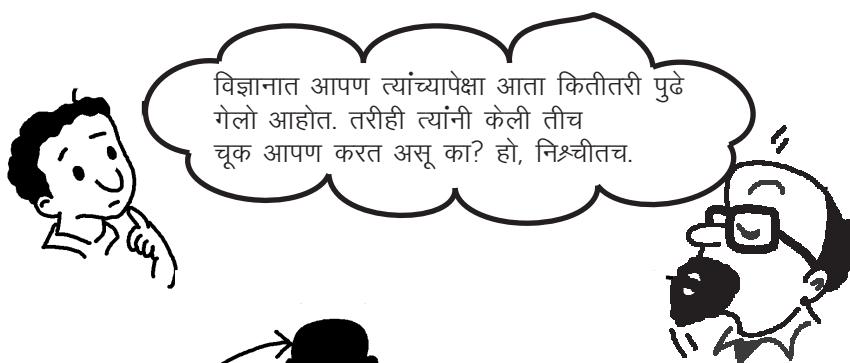
प्राचीन इजिप्शियन संस्कृतीमध्ये शरीर ममीच्या स्वरूपात जतन करून ठेवण्याला खूप महत्व होतं. हजारो वर्षांनंतरही त्यांच्या ममी अजून टिकून आहेत. मृत्युनंतरच्या प्रवासात शरीराची गरज लागेल अशी त्यांची समजूत होती.



उलट काही उपकरण वापरून ते ममीचा मेंदू नाकावाटे बाहेर काढून टाकायवे.



मेंदूचा काही उपयोग होत असेल असा त्यांना वाटलं नाही.

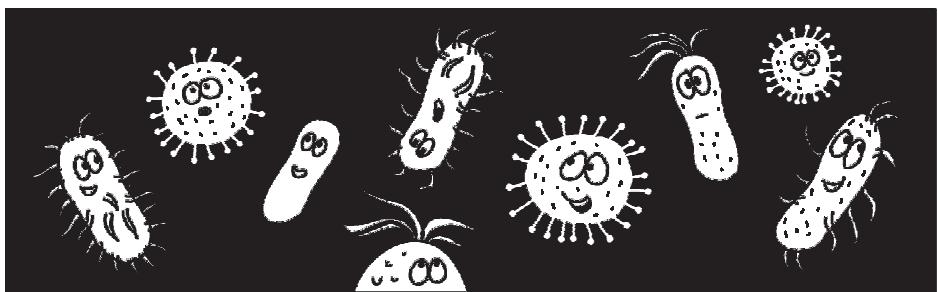
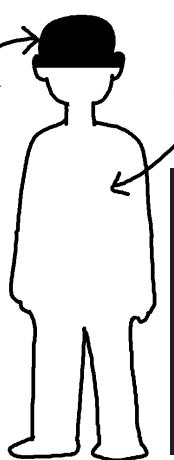


आपणही एका अवयवाच्या महत्वाकडे डोळेझाक करतो आहोत. हा आपला एक 'अवयव' आहे, पण 'आपला' अवयव म्हणता येईल का ते माहीत नाही.

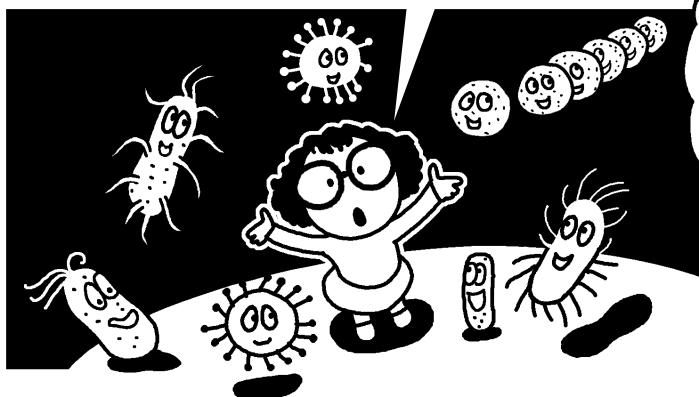


मानवी पेशी जीवाणू

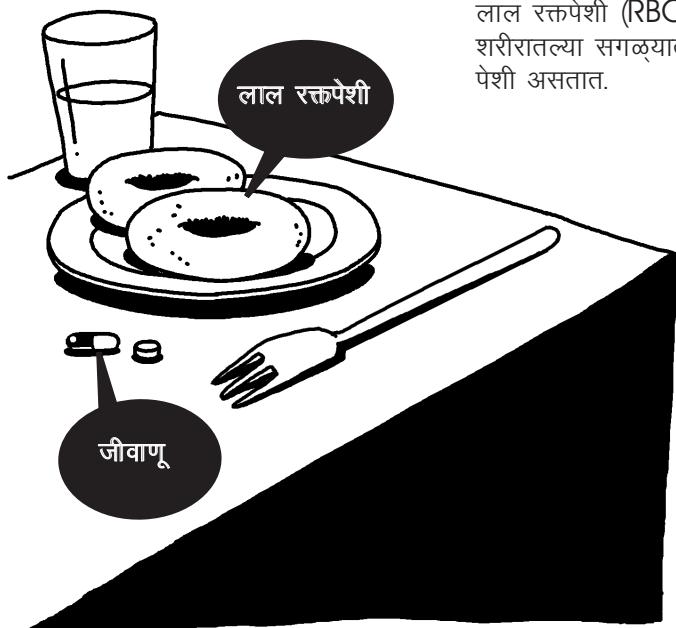
आपल्या शरीरात आपल्या पेशीच्या दहापट जीवाणू आहेत.



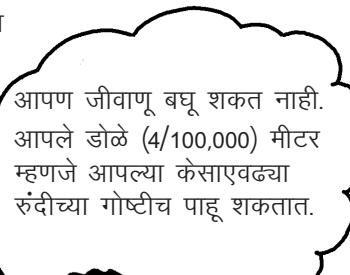
आपल्या पोटात, त्वचेवर, नाकात, तोंडात, फुफ्फुसात.. याखेरीज आपल्या आसपास हवेत, मातीत, आपल्या खाण्यापिण्यात सगळीकडे च सुक्षमजीव असतात.



आपल्या त्वचेतल्या पेशी जीवाणूंच्या तीसपट मोठ्या असतात.

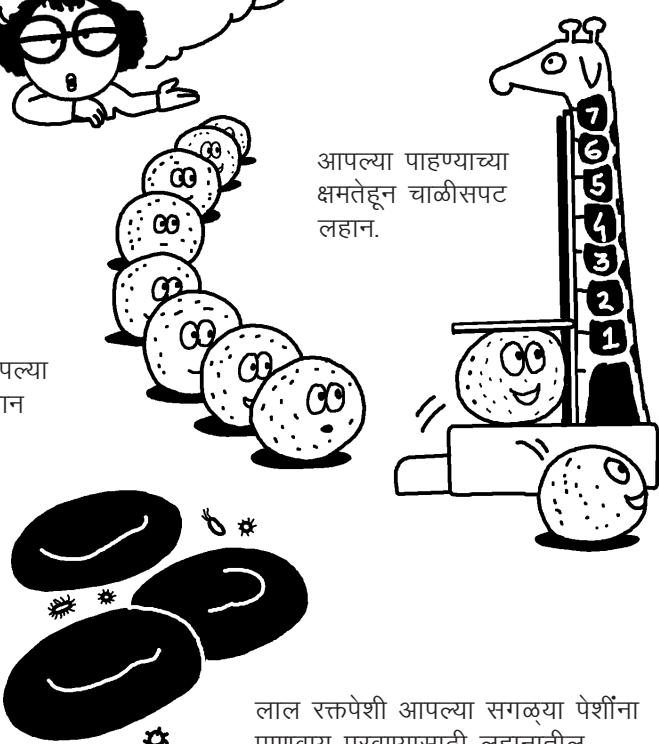


लाल रक्तपेशी (RBC) आपल्या शरीरातल्या सगळ्यात लहान पेशी असतात.



आपण जीवाणू बघू शकत नाही. आपले डोळे (4/100,000) मीटर म्हणजे आपल्या केसाएवढ्या रुंदीच्या गोष्टीच पाहू शकतात.

सर्वसाधारणपणे जीवाणू १ मायक्रोमीटर लांब असतात (1/1000,000) मीटर.

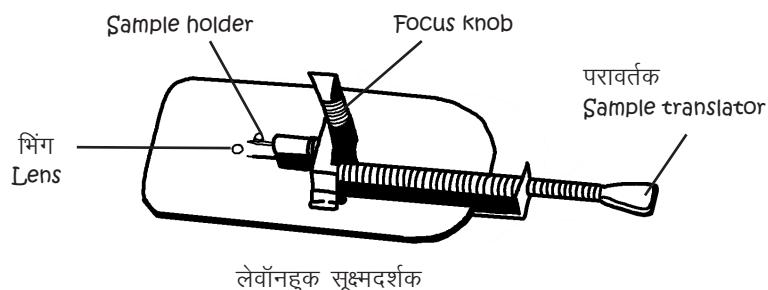


लाल रक्तपेशी आपल्या सगळ्या पेशींना प्राणवायू पुरवण्यासाठी लहानातील लहान रक्तवाहिन्यांमधून वाट काढत असतात.

या लाल रक्तपेशी जीवाणूपेक्षा आठपट मोठ्या असतात. तर सगळ्यात मोठ्या असलेल्या अंडपेशी १२० पट मोठ्या असतात.

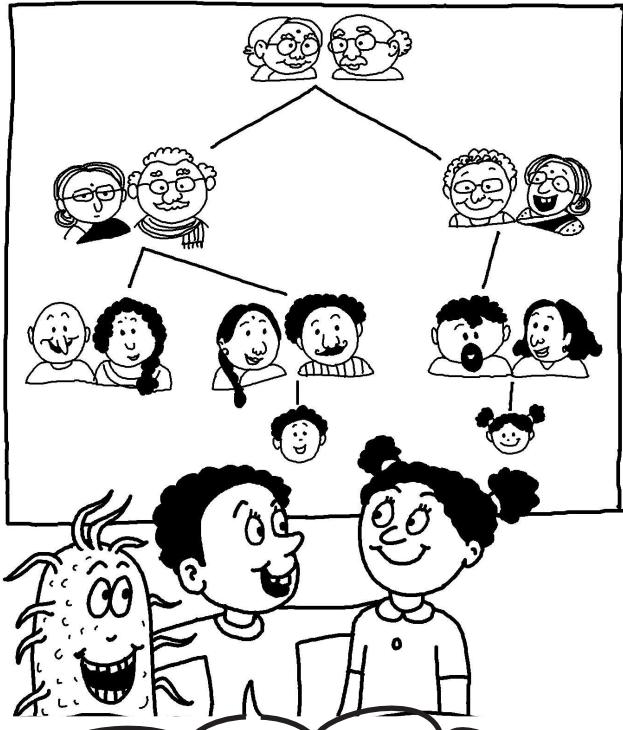


अंटनी वॉन लेवॉनहुक



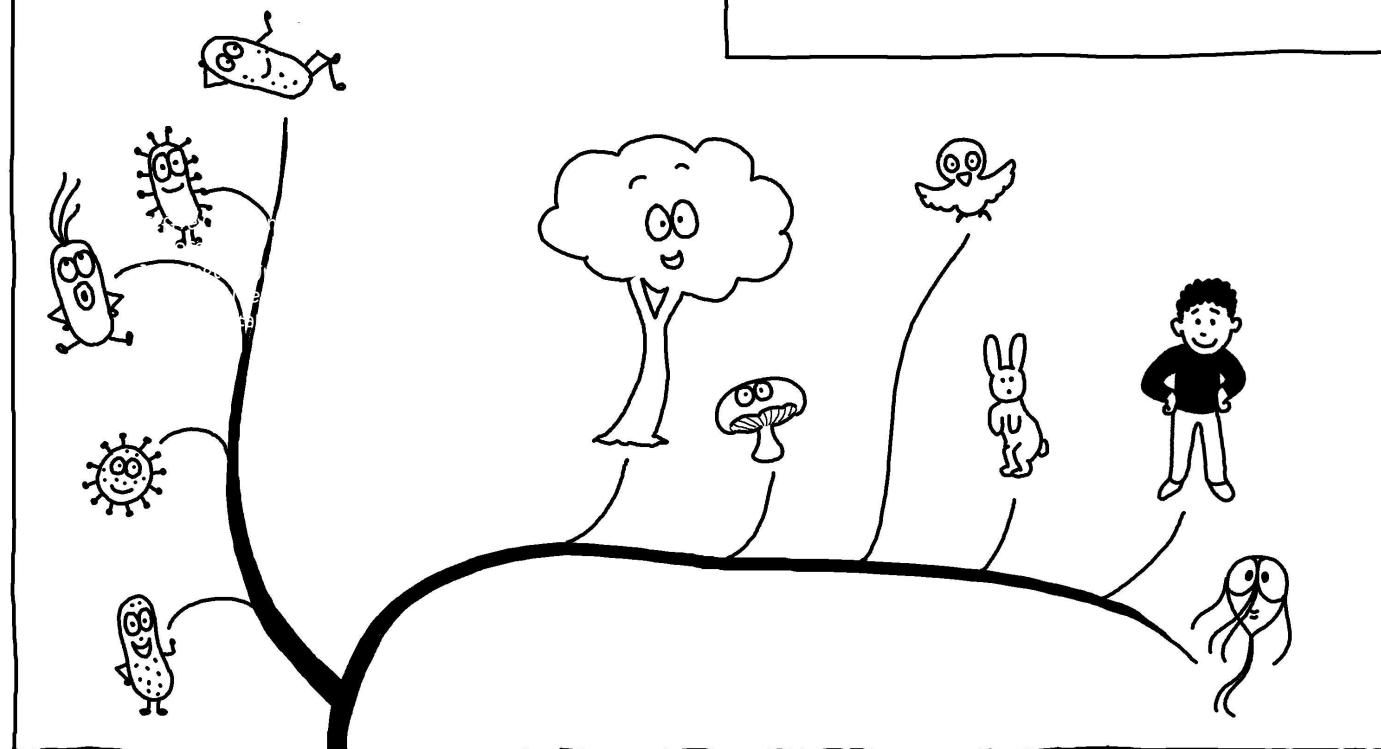
अंटनी वॉन लेवॉनहुक याने 1676 मध्ये जीवाणु
पाहिल्याची नोंद केली आहे ती जगातली पहिली नोंद समजली जाते.

जीवाणु ही तशी आपली आते—मासे भावंड आहेत.



380 कोटी वर्षांपूर्वी आपला आणि जीवाणुचा पूर्वज एकच होता.
3,800,000,000 वर्ष तसा मोठा काळ आह खरा, पण काही झालं
तरी शेवटी आपण एकाच कुटुंबातले आहोत.

हा माझा मावसभाऊ आमच्या आजोबांचा
जन्म 80 वर्षांपूर्वी झाला.



आपल्यातील सूक्ष्मजीवांशी ओळख



"मला एक गुप्त सांगायच आहे. मी माणूस आहे त्यापेक्षा जास्त सूक्ष्मजीवाचा बनलो आहे.

माझ्या शरीरात जेवढ्या मानवी पेशी आहेत त्यापेक्षा 10 पट जीवाणू आहेत.

तुमच्या माझ्या अंगात एक सूक्ष्मजीवांचे जगच (microbiota) नांदत आहे.



ऐकून खूप बरं वाटलं, सर!

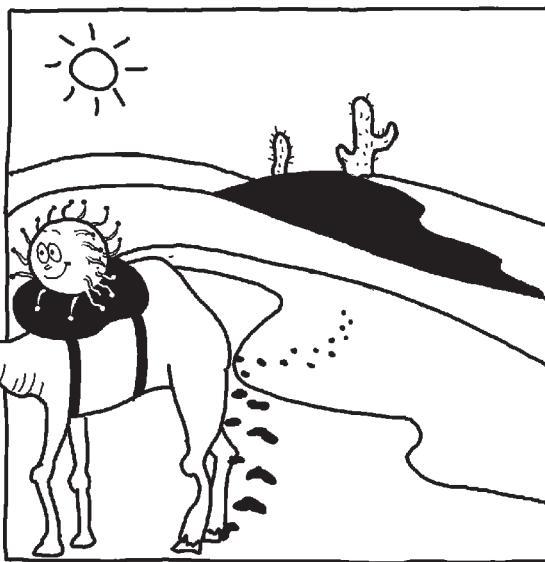


सूक्ष्मजीवांचे जग: आपल्या शरीरातील राहतात की सूक्ष्म पर्यावरणीय समूदाय

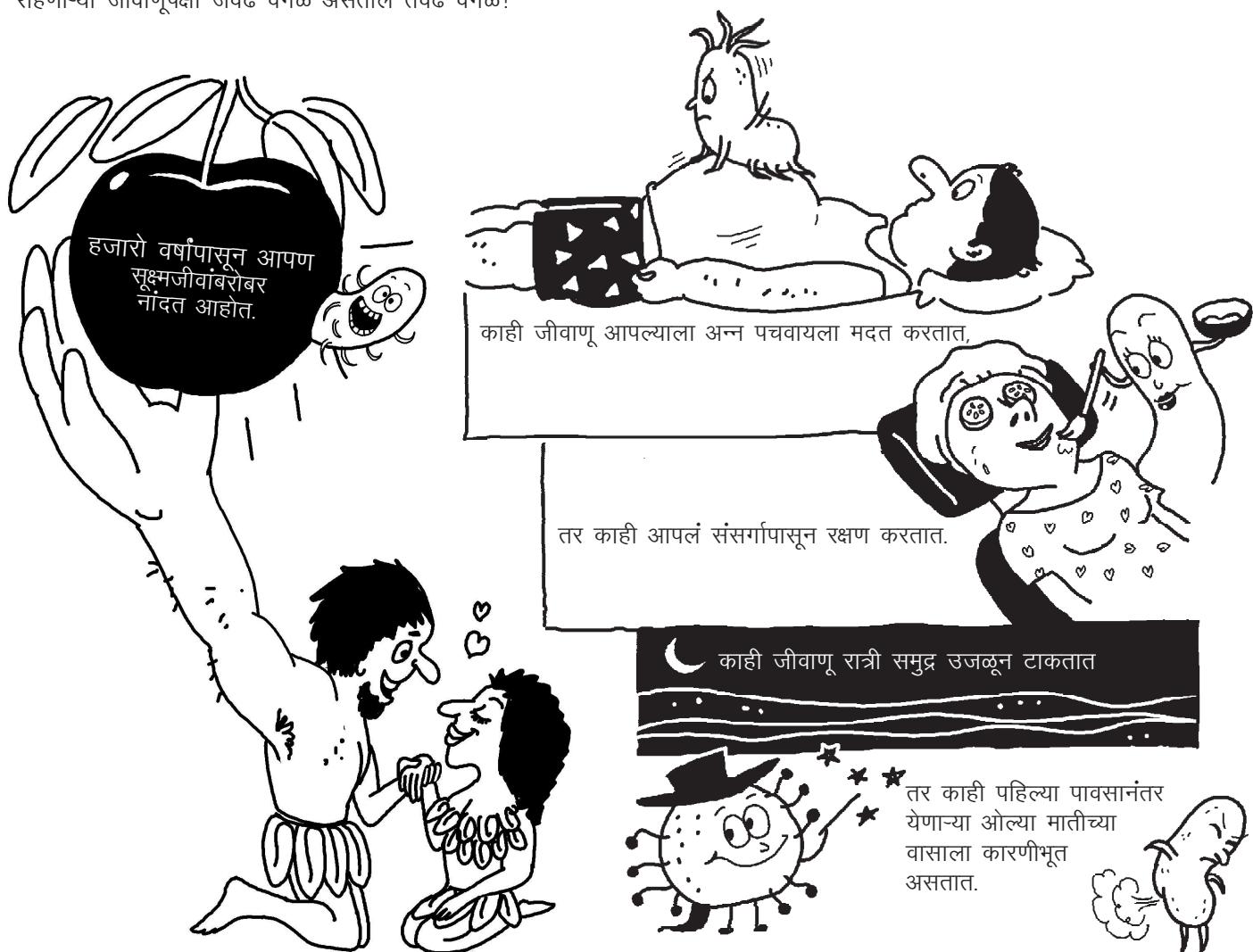
कोरड्या शुष्क त्वचेवरच्या जीवाणुमध्ये
वेगळ्या क्षमता असाव्या लागतात.

पोटात राहण्यासाठी जीवाणुमध्ये प्रचंड आम्लता
(ॲसिडिटी) सहन करण्याची क्षमता असावी लागते.

आपल्या शरीरात वेगवेगळ्या
ठिकाणी वेगळी
परिस्थिती असते.

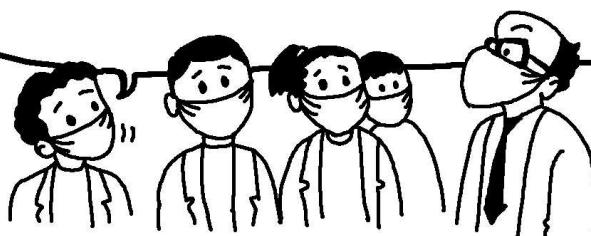


आपल्याच शरीरात वेगवेगळ्या ठिकाणी घर करणारे हे जीवाणु खूप वेगळे असतात— समुद्रतळाशी राहणारे जीवाणु हे वाळवंटात राहणाऱ्या जीवाणुपेक्षा जेवढे वेगळे असतील तेवढे वेगळे!

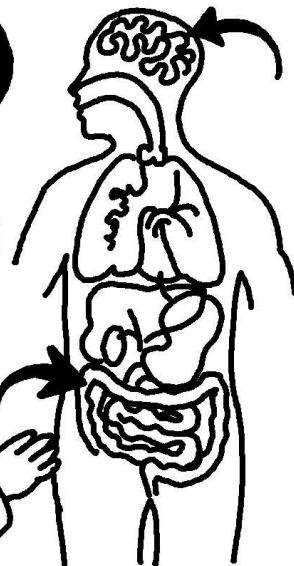


आपल्या जीवाणुमुळे होणाऱ्या रोगांच्या साथी माहिती आहेत. काही रोग मात्र जीवाणूच्या अनुपस्थितीमुळे होत असतात.

हो, खर आहे. माझा मुद्दा असा होता कि आपल्याला अनेक रोग होणं किंवा न होणं आपल्या शरीरात कुठल्या प्रकारचे जीवाणू आहेत त्यावर अवलंबून असतं.



याला रोगाची साथ म्हणता येईल असे मला काही वाटत नाही. साथी संसर्गजन्य रोगांच्या येत असतात.



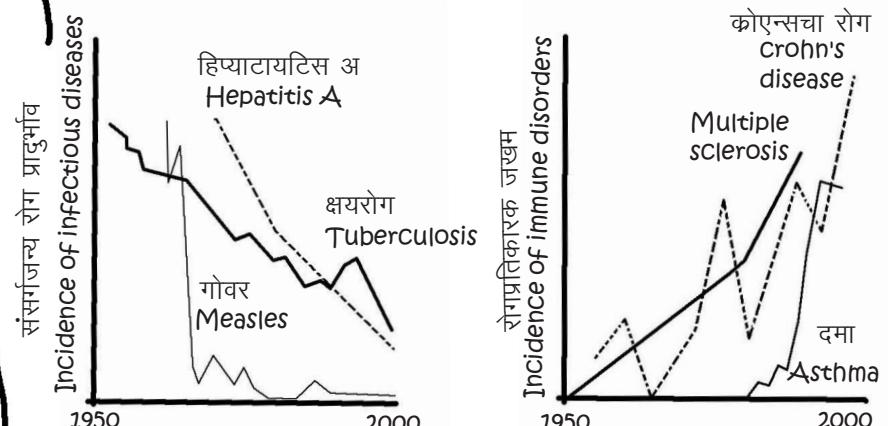
ऑटिसम आणि नैराश्य (depression) यांपासून ते इनफ्लेमटरी बॉवेल डिसीस यासारख्या पोटाच्या विकारांपर्यंत.



मला सारखी काळजी वाटते.

आपले जीवाणू आपल्याला अनेक रोग होण्याची शक्यता ठरवत असतात.

या आलेखात संसर्गजन्य रोगांचा प्रादुर्भाव पहा –वैद्यकशास्त्राने तेथे कमाल केली आहे.



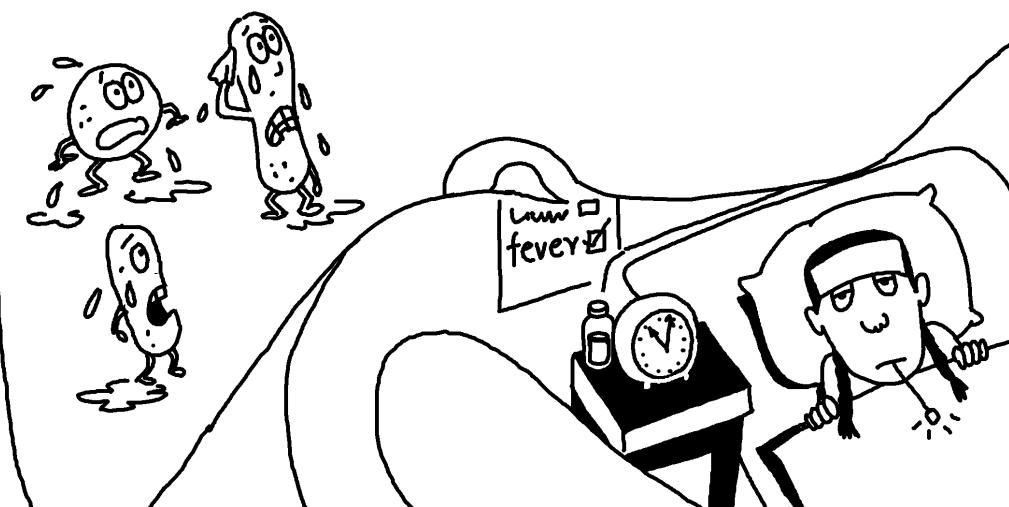
Source : Bach, New England Journal of Medicine (2002)

संसर्गजन्य रोग कमी होत आहेत त्याच वेगाने असोशी आणि प्रतिकारशक्ती संबंधित विकार मात्र त्याच वेगाने वाढत आहेत.

कुठलं औषध तुम्हाला लागू पडेल?

काही औषधे आपल्या यकृतासाठी हानिकारक असतील की नाही हे आपल्या आतज्यातील सूक्ष्मजीवांच्या समूहावर अवलंबून असतं. काही लोकांच्या पोटातले जीवाणू खूप जास्त अंतर्विष (endotoxins) तयार करतात. अंतर्विष म्हणजे नैसर्गिकरित्या शरीरात तयार होणारी घातक रसायने.

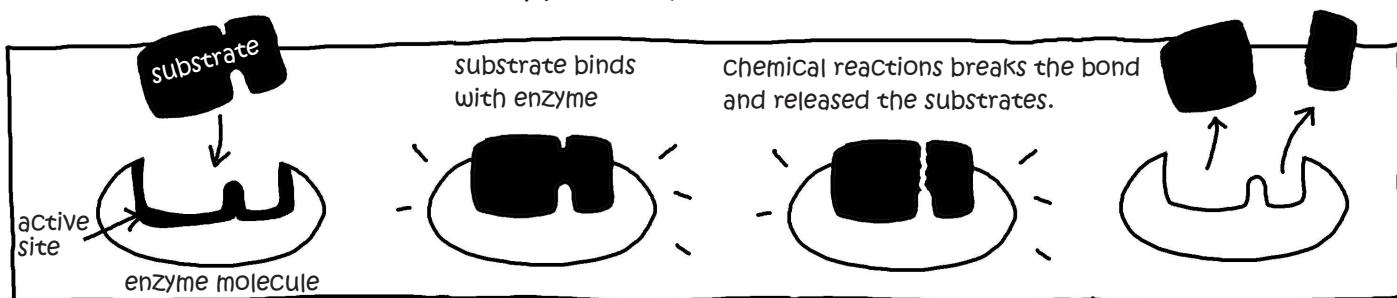
शरीरात जास्त अंतर्विष तयार झाल्यामुळे अशी अंतर्विष निकामी करण्यान्या आपल्या शरीरातील यंत्रणेवर ताण येतो व त्यामुळे नवीन औषधं किंवा अन्न पचवताना तयार होणारे हानीकारक पदार्थ नाहिसे करण्याचे काम ही यंत्रणा करू शकत नाही.

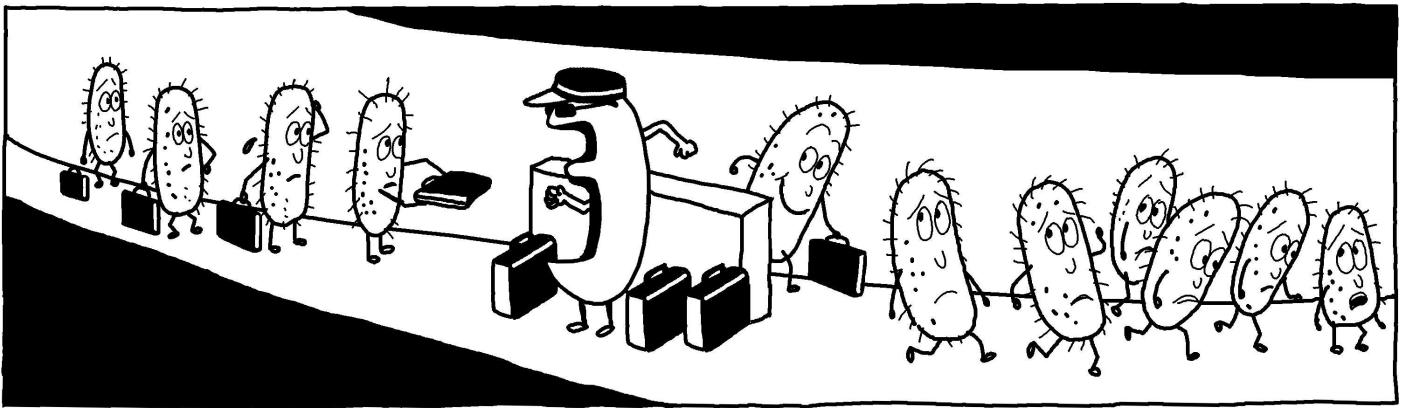


प्रा. जेरेमी निकोल्सन आणि इंपेरियल कॉलेज लंडन येथील त्यांच्या सहकायांना टायलेनॉल (tylenol) या औषधाबद्दल असंच आढळलं. टायलेनॉल एक वेदशामक म्हणून वापरलं जातं.

टायलेनॉल जर शरीरात जास्त वेळ राहिलं, तर यकृतासाठी घातक ठरू शकतं. काही **enzymes** (आपल्या शरीरातील रासायनिक प्रक्रिया घडवून आणणारे प्रथिनांचे परमाणु) हे घातक पदार्थ काढून टाकण्याचं काम करतात.

How enzymes work:



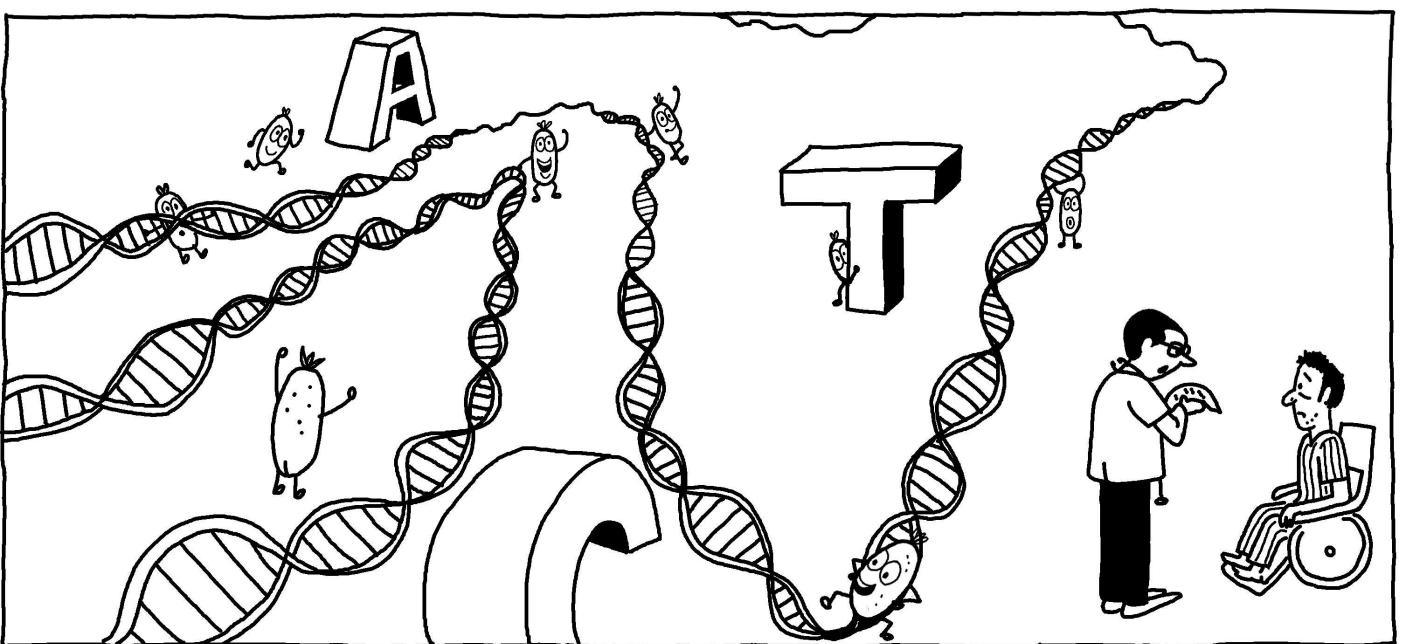


ही enzymes जर endotoxins

नष्ट करण्यात मग्न असली तर टायलेनॉल मुळे
तयार होणारी toxins त्वरीत नष्ट करू शकत
नाहीत. अशा घातक पदार्थासून शरीराचं रक्षण
करण्याची जबाबदारी असणाऱ्या यकृतावर
ताण येतो आणि त्याला इजा होते.



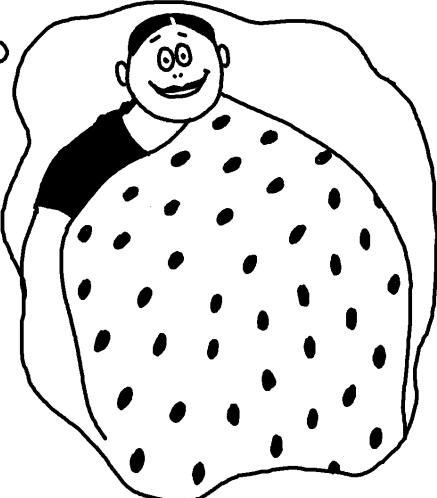
भविष्यकाळात डॉक्टर आपले जीन्स पाहू शक्तील आणि आपल्या शरीरातील जीवाणूही.
आपल्याला कुठलं औषध लागू पडेल हे त्यांना हया माहितीच्या आधारे ते ठरवता येईल.



अंतज्ञान



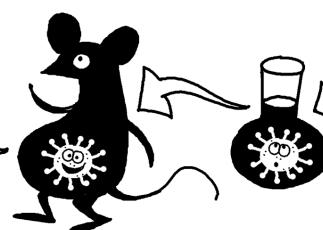
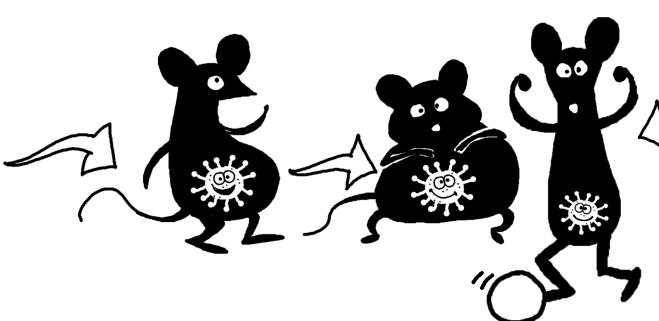
शास्त्रज्ञ तुमच्या शरीरातल्या
जीवाणूंच्या रचनेवरून तुम्ही जाड
आहात कि बारीक हे 90% अचूक
सांगू शकतात पण तुमच्या स्वतःच्या
गुणसूत्रांच्या आधारे केलेले भाकीत
अचूक असण्याची शक्यता
फक्त 58% असत.



हीच गोष्ट प्रयोगशाळेतल्या उंदरांमध्येही दिसते.
प्रयोगशाळेत जीवाणू विरहीत **germ-free** प्राणी
वाढवता येतात. या प्राण्यांच्या शरीरात किंवा शरीरावर
जीवाणूंचा पुण्यपणे अभाव असतो. हे प्राणी
वाढवताना त्यांच्या जन्मापासून खूप काळजीपूर्वक
बाहेरील वातावरणापासून वेगळे ठेवावे लागतात.

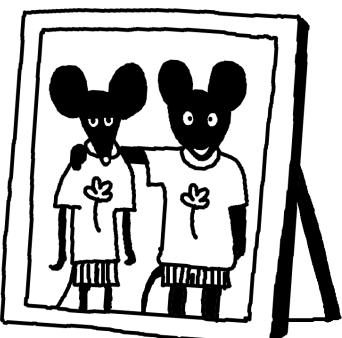


शास्त्रज्ञ जेव्हा स्थूल माणसाच्या पोटातले जीवाणू अशा उंदराच्या पोटात टाकतात, तेव्हा ते उंदीर
जास्त खाऊ लागतात आणि स्थूल बनतात. हाच प्रयोग कृश माणसाच्या पोटातले जीवाणू घेऊन
केला तर ते उंदीर कृश होतात.

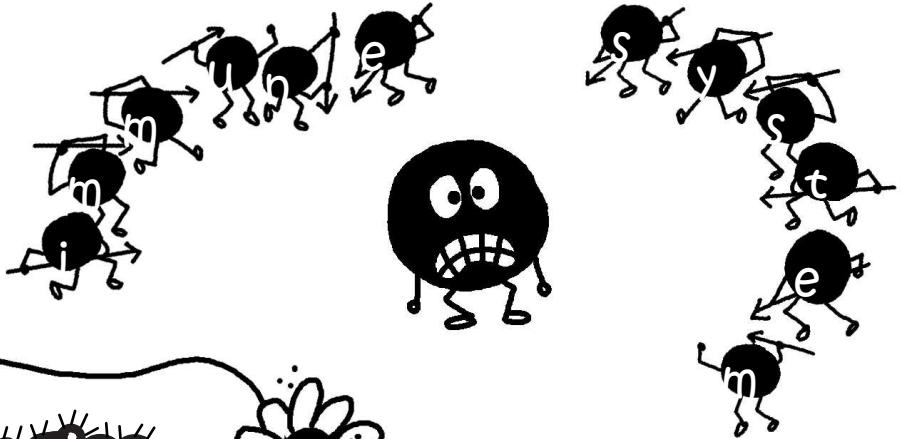


प्रा. जेफ्री गॉर्डन आणि त्यांच्या सहकाऱ्यानी एक खूप रंजक प्रयोग केला. त्यांनी आफ्रिकेतल्या
मलावी देशातली जुळी मुलं या प्रयोगासाठी निवडली. यापैकी एक मुल निरोगी होतं तर
दुसरं कुपोषित होत. या मुलांच्या पोटातले जीवाणू त्यांनी प्रयोगशाळेतल्या जीवाणू विरहीत
(**germ-free**) उंदराच्या पोटात वाढवले.

कुपोषित मुलांचे जीवाणू ज्या उंदरांना मिळाले होते ते उंदीर कृश बनले. निरोगी
मुलांच्या पोटातले जीवाणू मिळालेल्या उंदरांची तब्येत मात्र, तेवढाच आहार मिळाला असता
तरी त्यामानाने चांगली राहिली.



जेव्हा आपली रोगप्रतिकार प्रणाली आपल्याच पेशींना परकया पेशी समजते, तेव्हा ती त्या पेशी नष्ट करायला लागते. अशावेळी जे विकार तयार होतात ते म्हणजे रोगप्रतिकारशक्तीशी निगडीत विकार.



आपल्याला हे कधी आणि कसं कळलं?

पूर्वी सिंह शिकार करत नाहीत, फक्त सिंहिणी शिकार करतात अशी आपली समजूत होती. ही समजूत सिंहाच्या काळजीपूर्वक निरीक्षणातूनच निर्माण झाली होती.

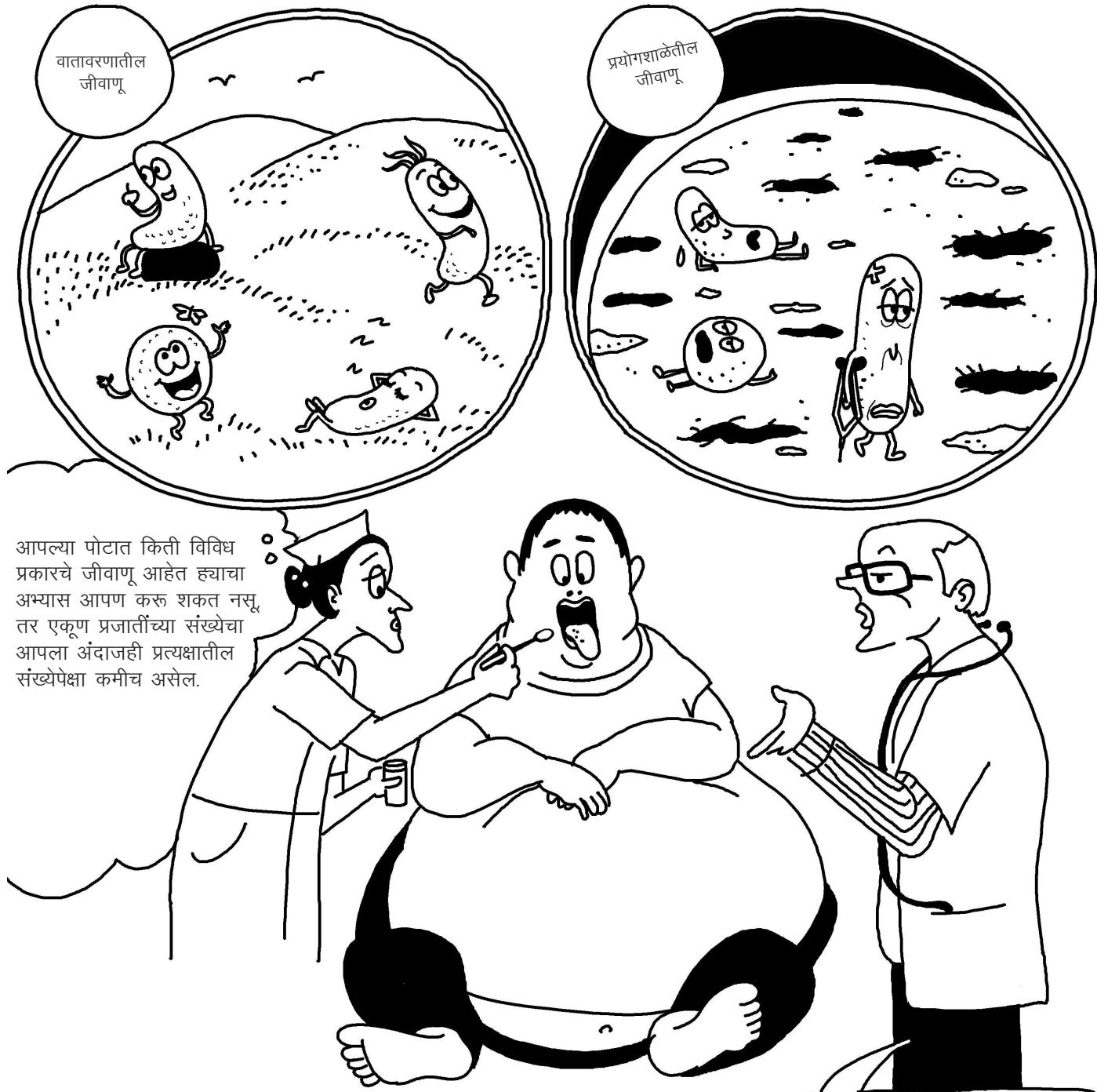


सगळी कामे मलाच करायला लागतात.

रात्रीच्या वेळी सिंहांचे निरीक्षण करणे ही तेव्हा सोणी गोष्ट नव्हती. जेव्हा **drones** च्या मदतीने रात्री सिंहांचं निरीक्षण करणं आपल्याला शवय झालं तेव्हा असं लक्षात आलं की सिंहदेखील शिकार करतात, फक्त त्यांची पद्धत वेगळी असते.

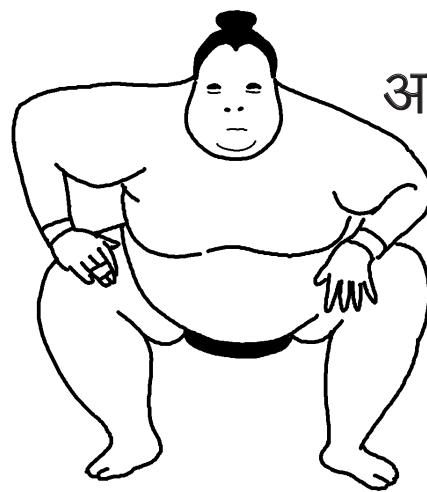
भरदुपारी सावजाच्या मागे धावत बसण्यापेक्षा सिंह दाट जंगलात शांतपणे लपून राहतात, आणि बेसावध भक्ष्यावर गनिमी काव्याने हल्ला करतात. पूर्वी रात्री घनदाट जंगलात हे निरीक्षण करणं शास्त्रज्ञांना शक्य नव्हते.

शास्त्रज्ञांनी सूक्ष्मजीवशास्त्रामध्ये पण असंच काहीसं अनुभवलं आहे. काही वर्षांपूर्वीपर्यंत पारंपारिक पद्धतीद्वारे शास्त्रज्ञ अनेक सूक्ष्मजीवाचा अभ्यास करू शकत नव्हते. (आता आपण किती सूक्ष्मजीवांचा अभ्यास करू शकत नाही याचा अंदाज बांधंगं अवघड आहे. कारण हे म्हणजे किती टक्के गुन्ह्यांची तक्रार नोंदवली गेली नाही असा विचारण्यासारखं आहे. तरीही याबाबतीत जे अंदाज आहेत ते 80% जीवाणूंचा आपण पारंपारिक पद्धतीने अभ्यास करू शकत नव्हतो असं सांगतात.) आपल्या आतड्यामध्ये असलेल्या सूक्ष्मजीवांचा समुदाय किती अनेकविध आहे असं पहायचा प्रयत्न करताना हा मुद्दा महत्वाचा ठरतो.



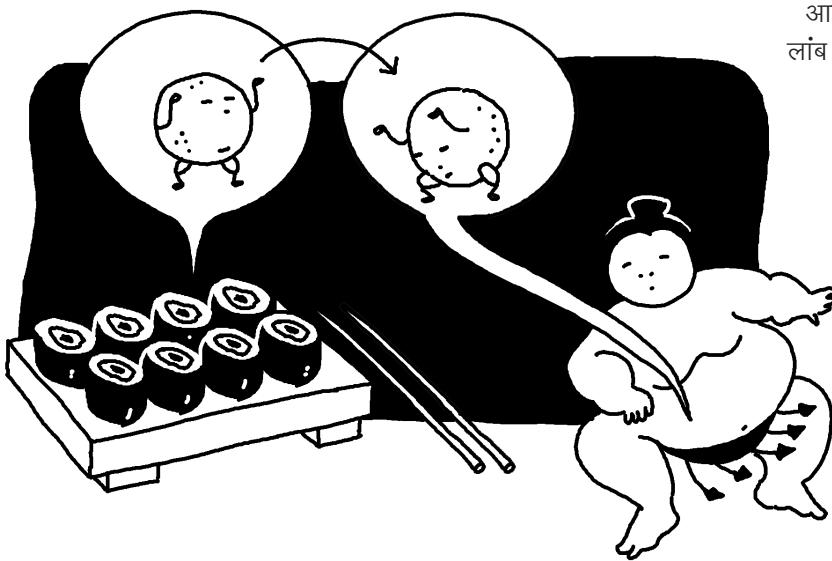
Genomic sequencing करून, आपण जास्त चांगले अंदाज बांधू शकतो. Genomic sequencing डीएनए या अनुवांशिकतेच्या परमाणूतील अक्षरांचा क्रम ओळखते. हा क्रम प्रत्येक प्रजातीमध्ये कमीजास्त प्रमाणात वेगळा असल्यामुळे प्रजातींची संख्या शोधून काढता येते.

या तपासामधून जीवाणू आणि आपल्यामधल्या संवाद, साहचार्य व सामंजस्याची अद्भुत गोष्ट उलगडत जाते.



अन्नापासून शिकणारे जीवाणू

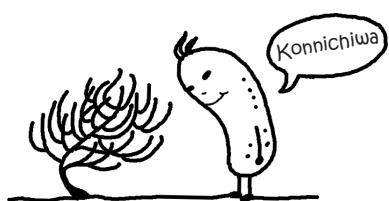
पीर आणि मेरी क्युरी विद्यापीठाचे मरियाम चीझेक, गुरवान मीशेल यांना आतऱ्यातले सूक्ष्मजीव आपल्या अन्नातील जीवाणूंपासून अन्न पचवण्याची कला शिकून घेतात असं लक्षात आलं.



आपण आहारातील स्टार्च आणि सेल्युलोज यासारखी लांब साखळी असलेली कर्बोदकं सहज पचवू शकत नाही.

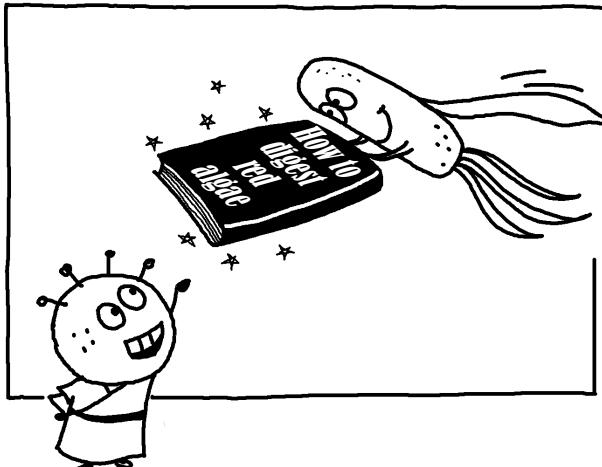
ती पचवण्यासाठी आपण आतऱ्यातल्या जीवाणूंवर अवलंबून असतो. हे जीवाणू **CAzymes** नावाची काही विशिष्ट प्रथिनं तयार करतात. ही प्रथिनं तयार करण्यासाठी जी माहिती लागते ती आपल्या जीन्समध्ये नाही.

पालेभाज्या पचवण्यासाठी ही प्रथिनं आवश्यक असतात. आता चीझेक आणि मिशेल यांनी असं शोधलं आहे. जपानी लोकांच्या आहारामध्ये एक लाल अल्नी चा मोठया प्रमाणात वापरली जाते, विशेषत: सुशी तयार करण्यासाठी.



जपानी लोकांमध्ये या लाल अल्नी असलेली कर्बोदकं पचवण्याची क्षमता असते. उत्तर अमेरिकन व्यर्कीच्या आतऱ्यातील सूक्ष्मजीवांमध्ये मात्र ती नसते.

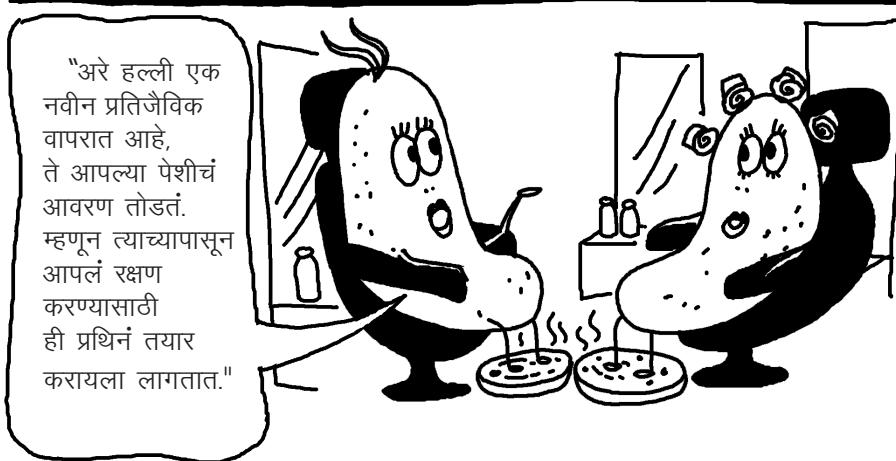




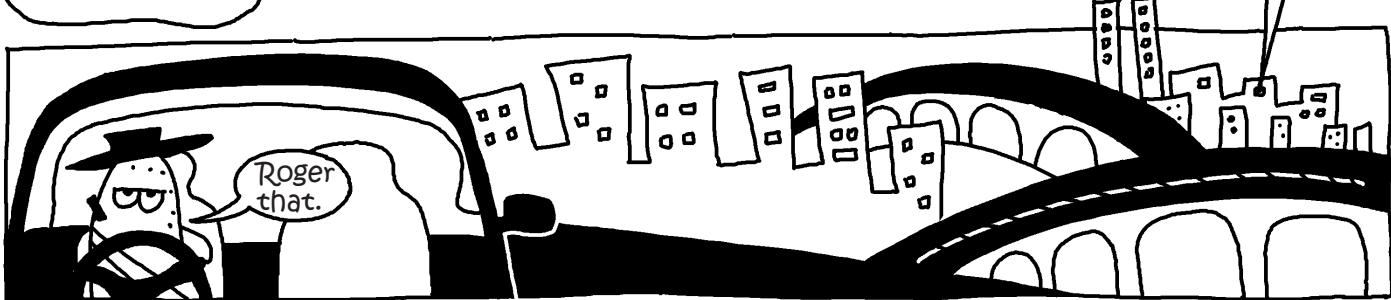
जपानी लोकांमध्ये ही क्षमता कशी आली बरं? ही प्रथिनं तयार करणारी जनुकं जपानी लोकांच्या पोटातल्या जीवाणूना सागारी जीवाणूकडून मिळाली आहेत. सागारी जीवाणू अर्थातच या अल्पी पचवण्यात प्रवीण असतात.



त्यामुळे त्यांच्यापेक्षा चांगले गुरु दुसरे कोण असणार? जीवाणुमध्ये या गोष्टी दिसतात कारण जीवाणू आपली जनुकं दुसऱ्या प्रजातीच्या जीवाणूना देऊ शकतात. आपण दृश्यकेंद्रकी (eukaryotes) आपली जनुकं फक्त आपल्या मुलांनाच देऊ शकतो तसं जीवाणुमध्ये नाही.



हल्ली आपल्या इथे फक्त हे एक वेगळंच कर्बोदक मिळतंय— पण एवढी गोष्ट केली की ते आपल्याला पचवता येतं."

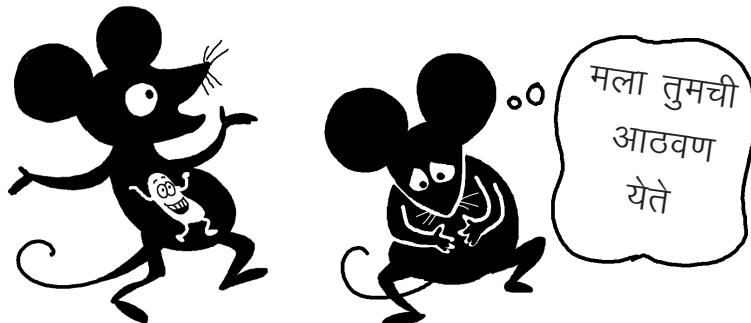


आपल्या पोटातल्या जीवाणूबद्दल अजून एक गंमत— तुम्हाला भूक लागते तेहा नक्की कोणाला भूक लागली असते? फक्त तुमच्या पेशींना? अं हं!

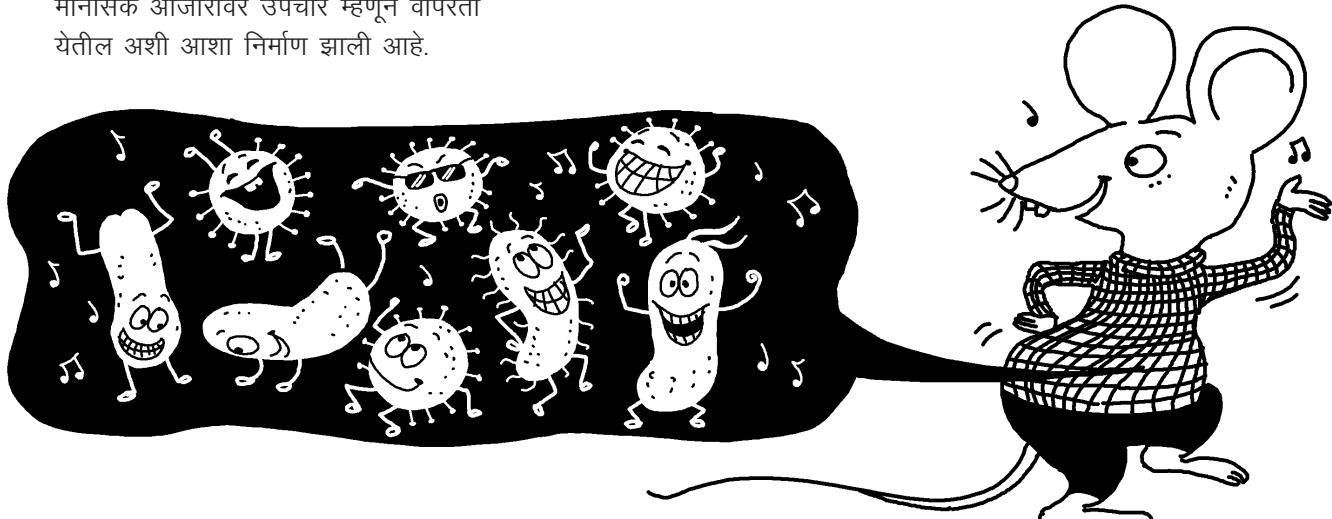


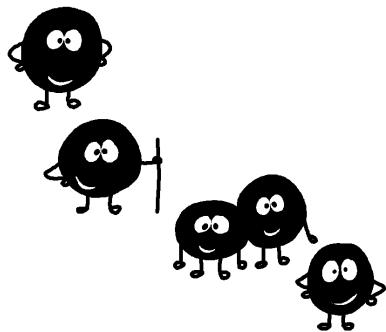
युनिक्सर्स्टी कॉलेज, कॉर्क
मधील जॉन एफ कियान यांना
असं दिसलं की उंदरांच्या
पोटातले जीवाणू उंदरांच्या
मेंदूशी संवाद साधू शकतात.
तेही उंदरांच्या शरीरातल्या
पेशी मेंदूशी संवाद साधतात
त्याच प्रकारे – चेतासंस्थेतल्या
Vagus nerve तर्फ

त्यांनी *Lactobacillus rhamnosus* नावाच्या जीवाणूंचा अभ्यास केला.
उंदरांच्या आहारात *Lactobacillus* असण्यानुसार उंदरांच्या वागण्यात बदल होतो,
आणि त्यांच्या मनाचा कलही बदलतो असंही त्यांच्या लक्षात आलं. हया जीवाणूंचा अभाव
असलेले उंदीर निराश आणि अस्वस्थ दिसायचे.



आता या नवीन निरीक्षणामुळे हे जीवाणू
मानसिक आजारांवर उपचार म्हणून वापरता
येतील अशी आशा निर्माण झाली आहे.





'आपण' आणि 'ते'

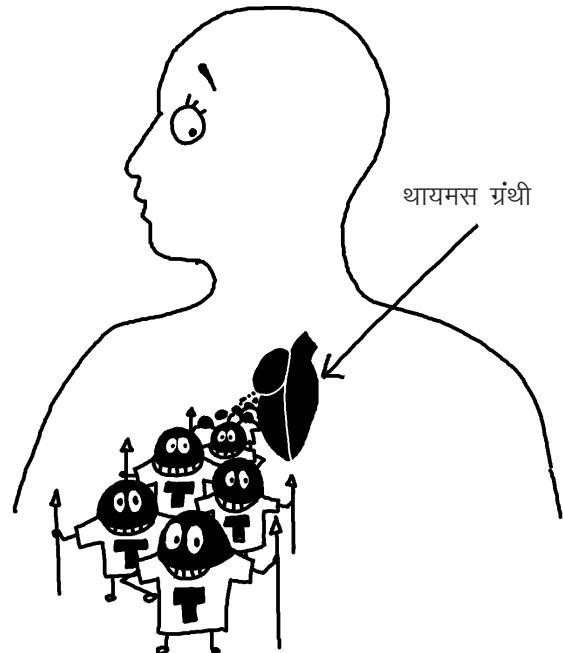
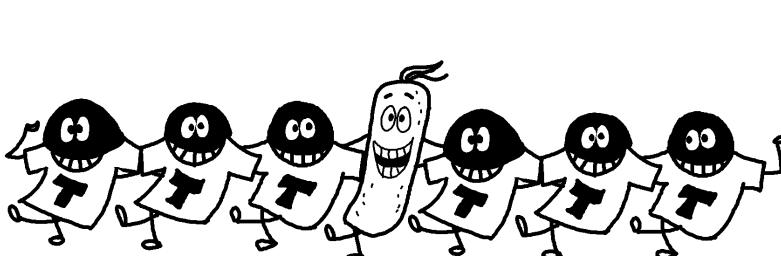
आपल्या प्रतिकार शक्तीला शरीराचं रक्षण करण्यासाठी कोण 'आपलं' आहे आणि कोण नाही ठरवण्याचं काम करायला लागतं. काही रोगांमध्ये (**autoimmune disorders**) आपली प्रतिकार शक्ती आपल्याच पेशी मारून टाकू लागते, असं होऊ नये यासाठी एरवी आपल्या शरीराला काळजी घ्यावी लागते.



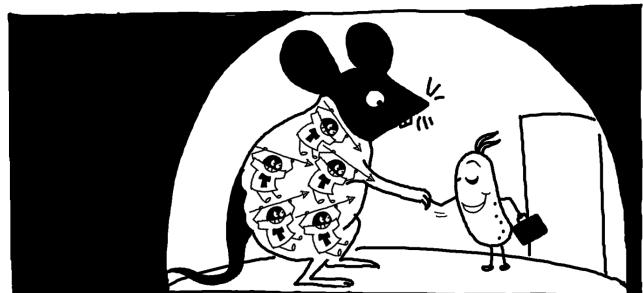
'टी पेशी' थायमस नावाच्या ग्रंथीमध्ये तयार होतात. इथे त्यांना शरीरातल्या सर्व प्रथिनांची ओळख करून दिली जाते.

ज्या 'टी पेशी' शरीरातल्या प्रथिनांवर हल्ला करतात, त्यांना काढून टाकलं जातं. या शिक्षणातून कोण आपलं आणि कोण परकं हे 'टी पेशी'च्या लक्षात येतं.

'या शिक्षणात ज्या प्रथिनांची ओळख होणार नाही ती सर्व 'बाहेरच्या' ची प्रथिनं असा सोपा नियम त्या शिकतात.

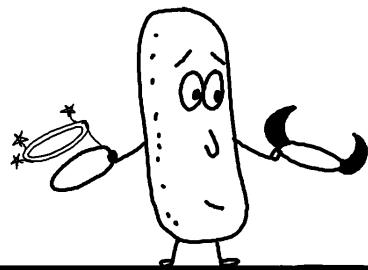
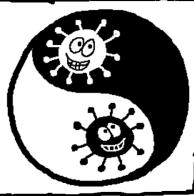


आता खरी गंमत म्हणजे या वैनी त्यांना नेहमीच्या पोटातल्या जीवाणूंचीही ओळख याच प्रकारे करून दिली जाते. या जीवाणूंच्या अंगावर आढळून येणारी प्रथिनं ही सुद्धा 'आपली'च आहेत असं 'टी पेशी' ना लक्षात येतं. उत्कांतीने जीवाणूंशी मैत्रीचा फायदा लक्षात घेतलेला दिसतो.



प्रयोगशाळेत जर जन्मापासूनच जीवाणूंशी संपर्क न येऊ देता उंदीर वाढवले असतील, तर त्यांच्या प्रतिकार शक्तीला जीवाणूंची ओळख होत नाही. त्यामुळे नंतर त्यांचा जीवाणूंशी संपर्क आला, तर त्यांची प्रतिकार शक्ती या मित्र जीवाणूंवरही हल्ला करते.

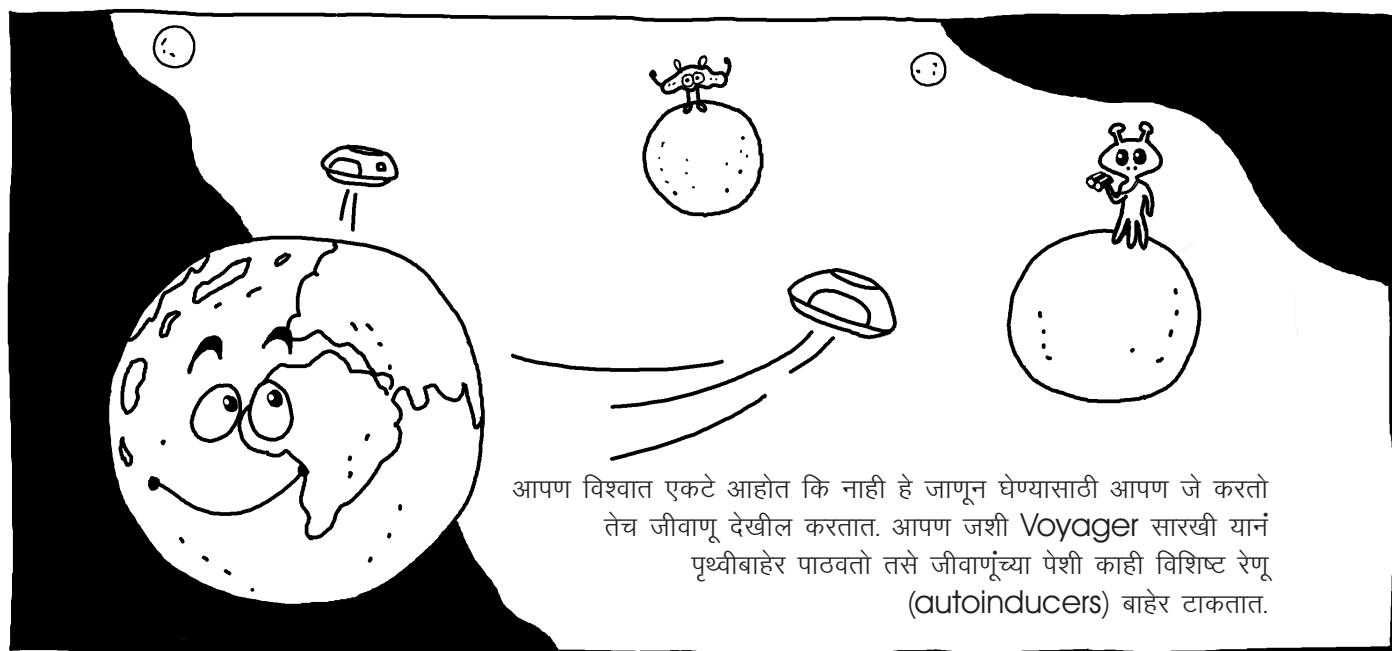
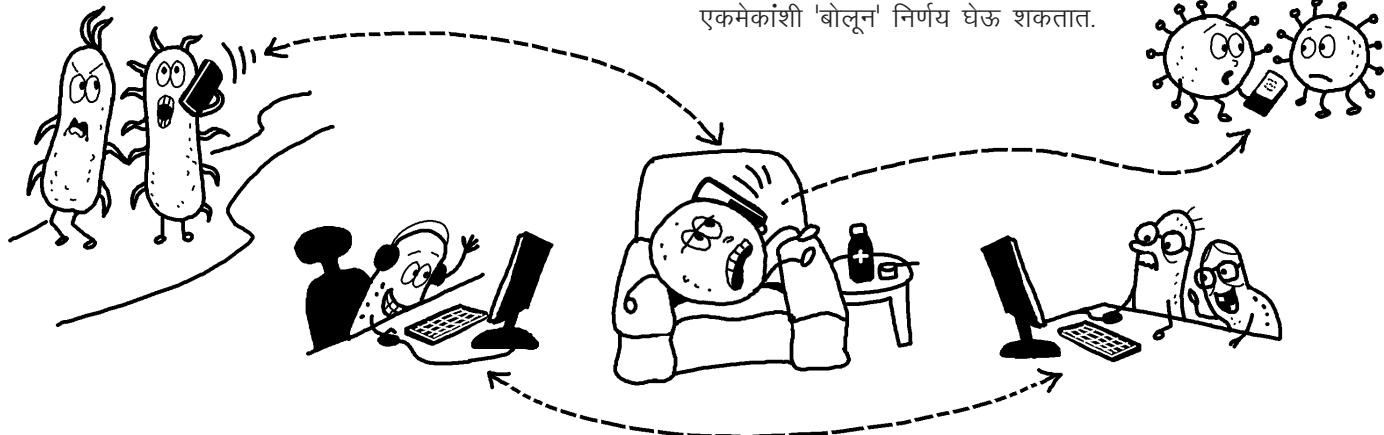
असं असलं तरी कुठलेच जीवाणू
कायमचे मित्र किंवा शत्रू नसतात.



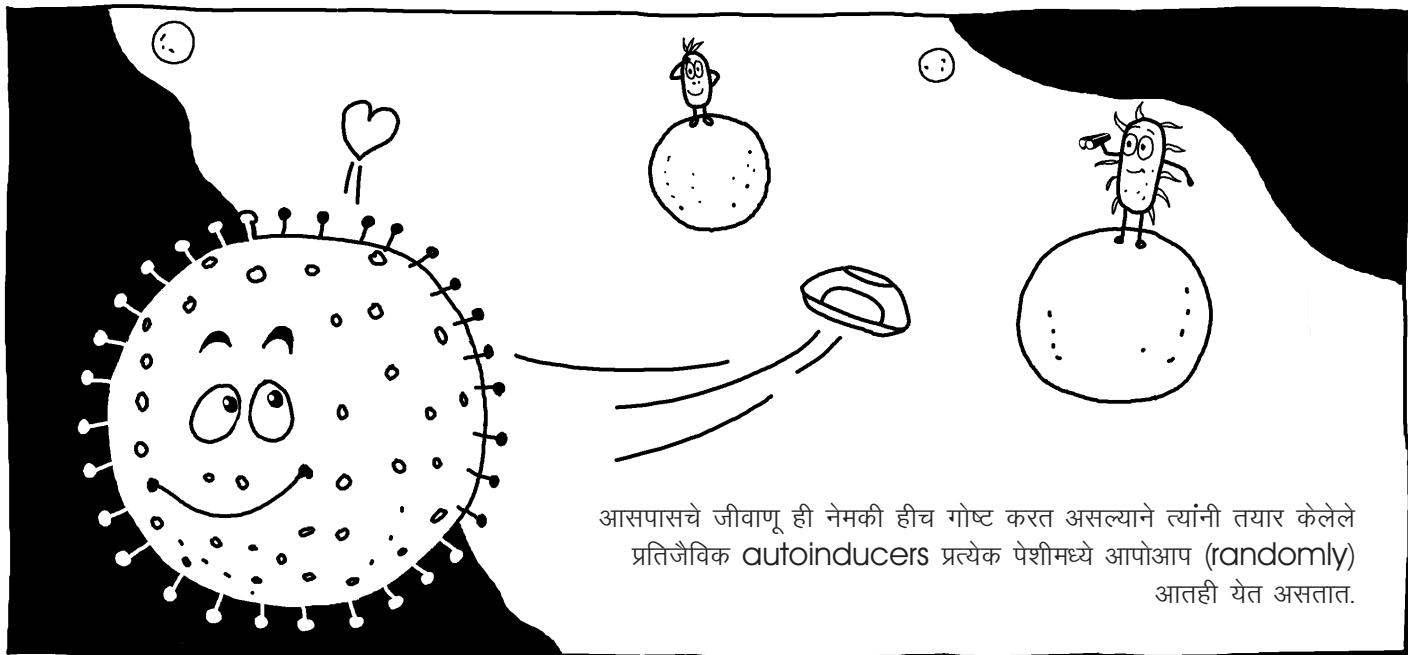
कधीकधी कॅन्सर मध्ये आपल्या स्वतःच्या पेशी आपल्या विरुद्ध लढायला लागतात.
तसे कधीकधी आपले जीवाणू ही आपल्या विरोधात 'शत्रू' जीवाणुंशी संगनमत करतात.



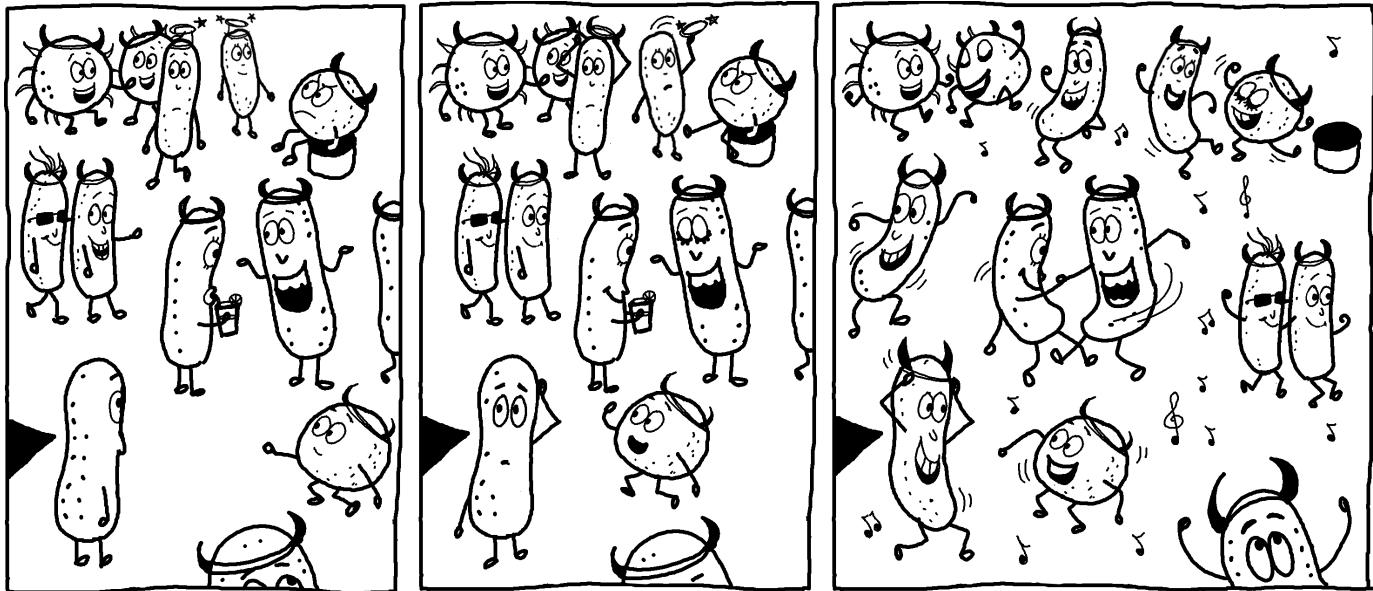
जीवाणू एकपेशीय असले तरी ते
एकमेकांशी 'बोलून' निर्णय घेऊ शकतात.



आपण विश्वात एकटे आहोत कि नाही हे जाणून घेण्यासाठी आपण जे करतो
तेच जीवाणू देखील करतात. आपण जशी Voyager सारखी यांन
पृथ्वीबाहेर पाठवतो तसे जीवाणुंच्या पेशी काही विशिष्ट रेणू
(autoinducers) बाहेर टाकतात.

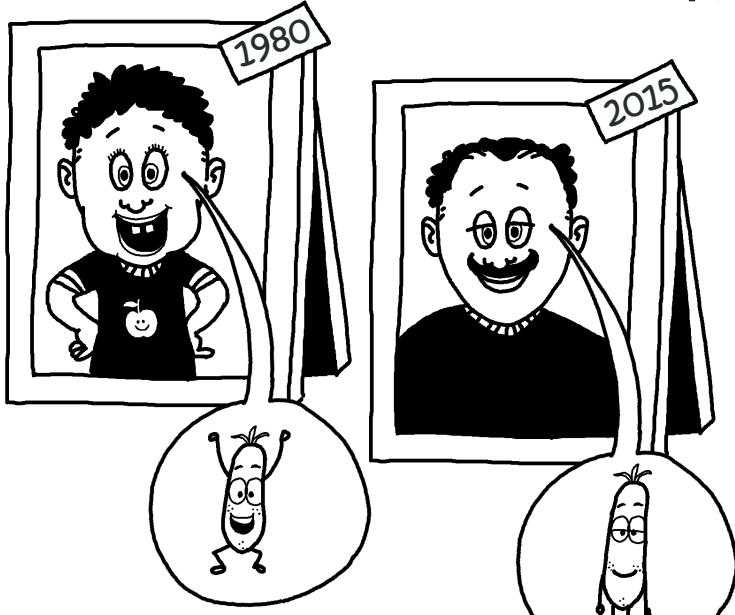


हे रेणू आसपासच्या पाण्यात पसरतात. (शास्त्रज्ञ या प्रक्रियेला diffusion म्हणतात).



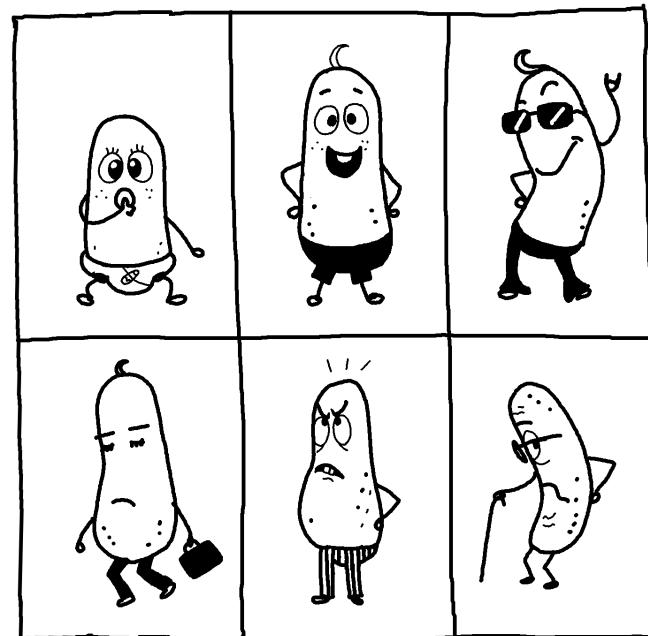
या रेणूंच्या संख्येवरुन जीवाणूंना आसपासच्या 'त्यांच्यासारख्या' जीवाणू च्या संख्येच्या अंदाज बांधता येतो. आणि या माहितीच्या आधारे त्यांना स्वतःच्या वागण्यात बदल करता येतो. उदा. आपल्याला एखादा रोग होण्याला कारणीभूत असलेले जीवाणू त्यांना पुरेसे मित्र मिळेपर्यंत आपल्याशी प्रेमाने वागतात. जेव्हा त्यांना येणाऱ्या लढाईत त्यांचा जय होण्याची समाधानकारक शक्यता वाटू लागते तेव्हा ते लढाऊ पवित्रा घेतात.

बदलांबदल



आपल्या शरीरातल्या जीवाणूंची रचना सगळ्यांमध्ये सारखी असत नाही. एका माणसामध्येही ती काळाबरोबर बदलत असते.

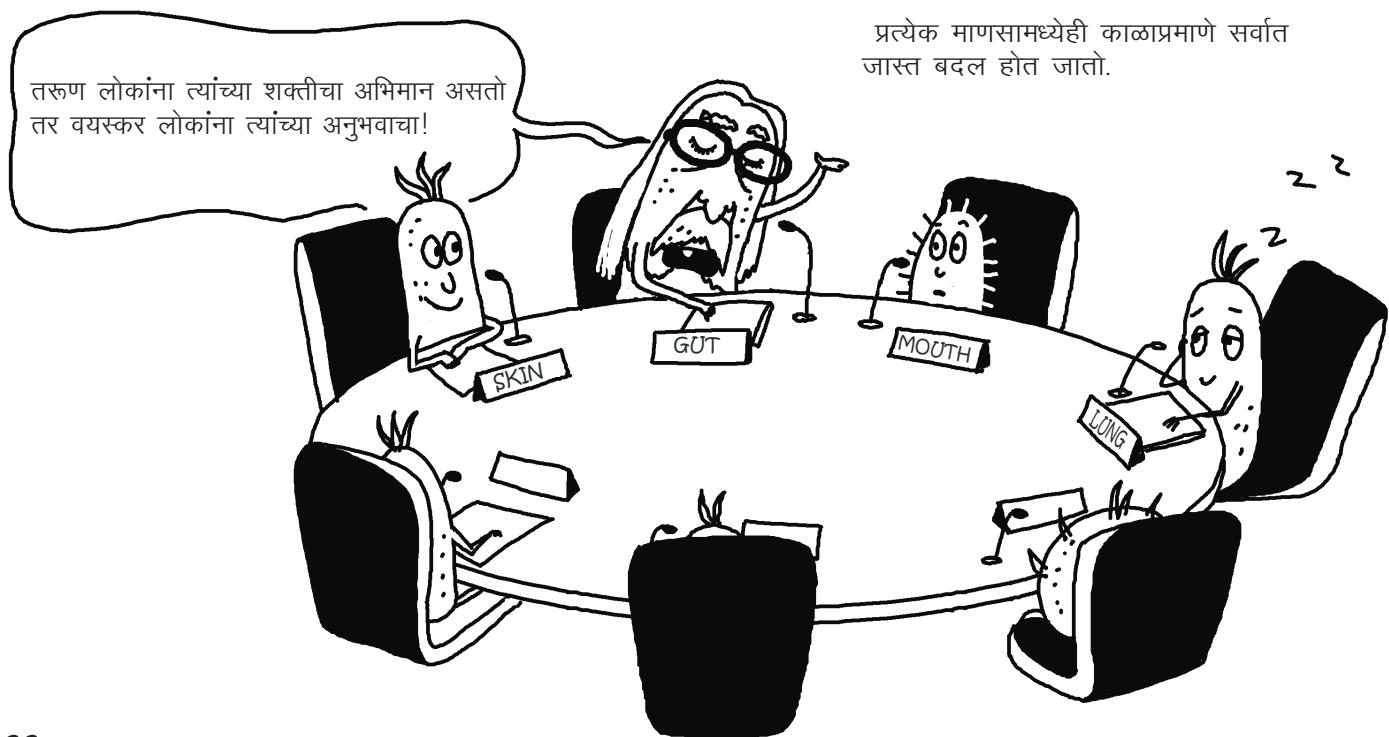
आपल्या शरीरातल्या जीवाणूंची रचना ही सतत बदलती असते.

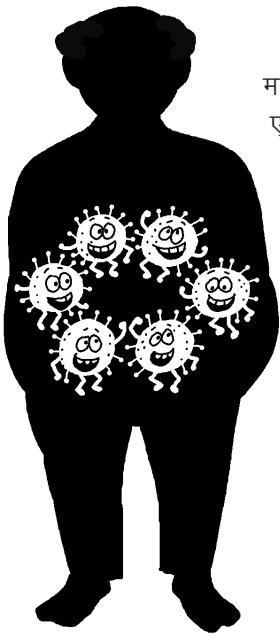


शरीरातल्या वेगवेगळ्या भागांमध्ये, त्वचेवरच्या जीवाणूंची रचना माणसा-माणसामध्ये सर्वात वेगळी असते.

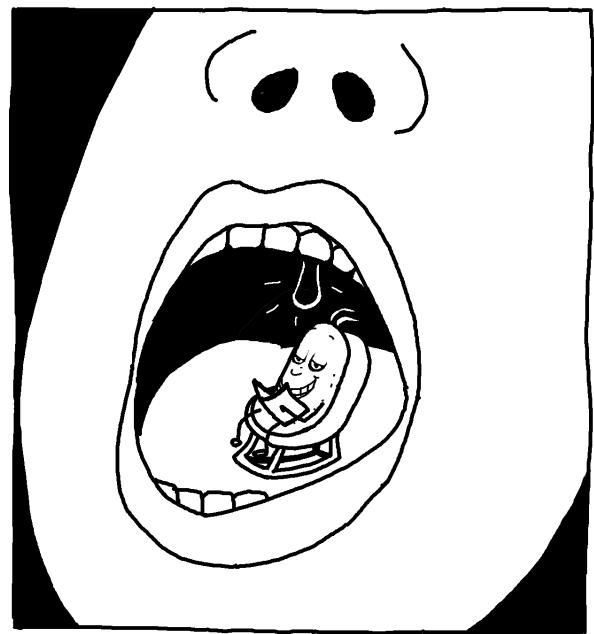
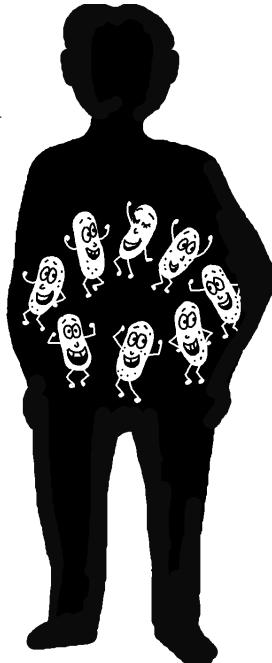


प्रत्येक माणसामध्येही काळाप्रमाणे सर्वात जास्त बदल होत जातो.



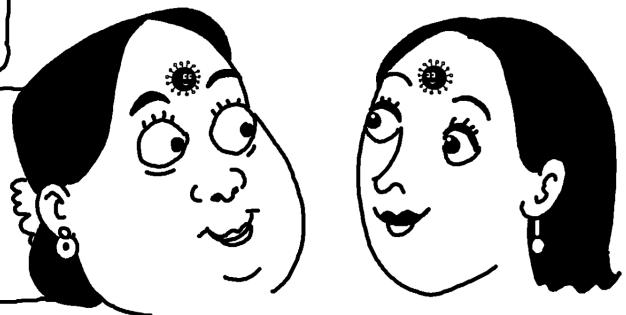


पोटातले जीवाणू
माणसानुसार बदलतात, पण
एका माणसात त्यांची रचना
काळाबरोबर विशेष
बदलत नाही.



त्वचेवरचे जीवाणू सगळीकडे सारखे नसतात – त्वचा हा खूप
मोठा अवयव आहे. आपली त्वचा जवळजवळ 22 चौरस फूट
एवढी असते. काही ठिकाणाची त्वचा दमट असते, तर काही
ठिकाणाची कोरडी असते. या जागांवरचे जीवाणूही वेगळे असतत.

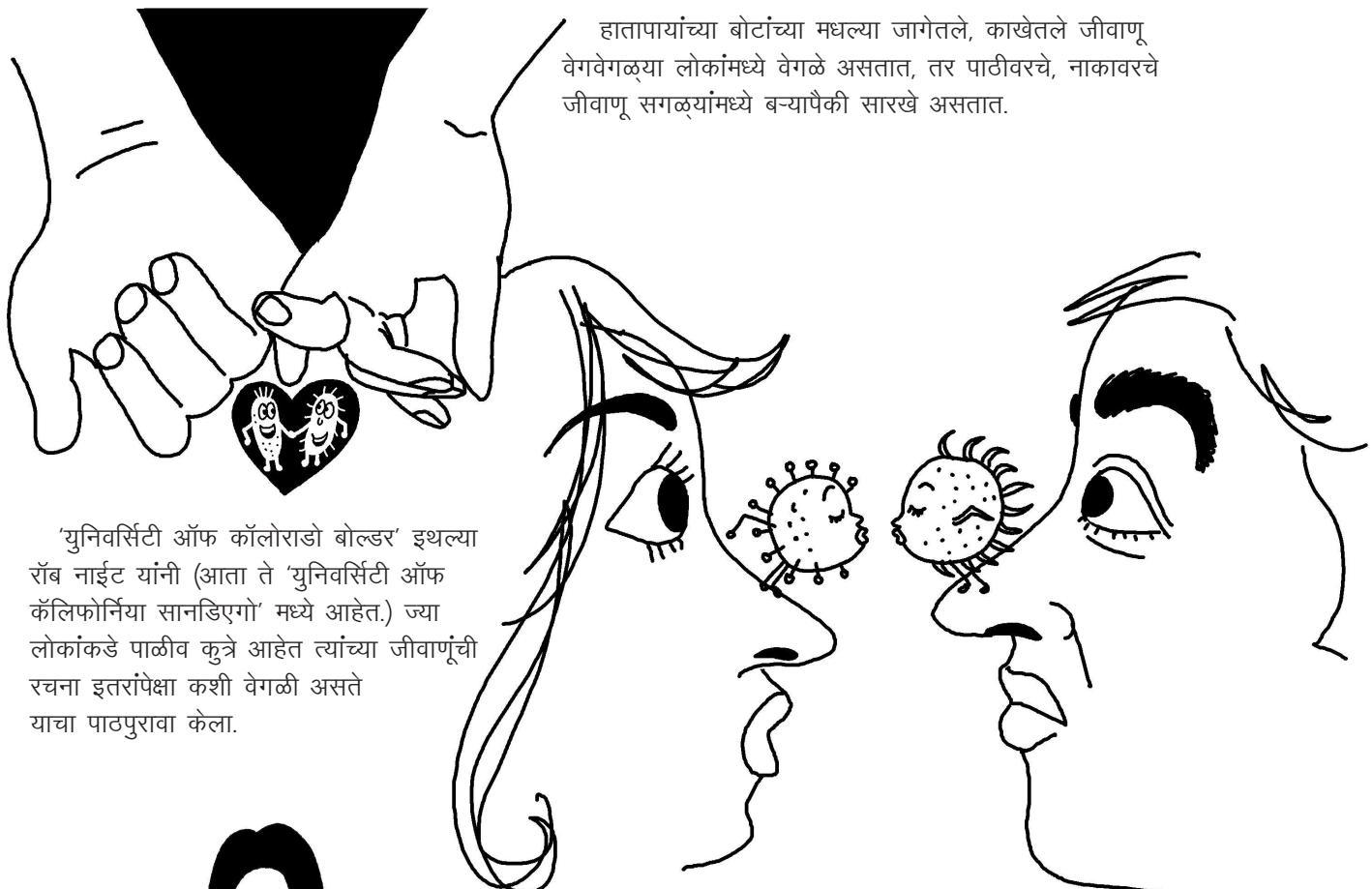
तोंडातल्या जीवाणूंची रचना माणसा—माणसामध्ये
विशेष बदलत नाही, आणि एका माणसामध्येही
काळाप्रमाणे रिथर राहते.



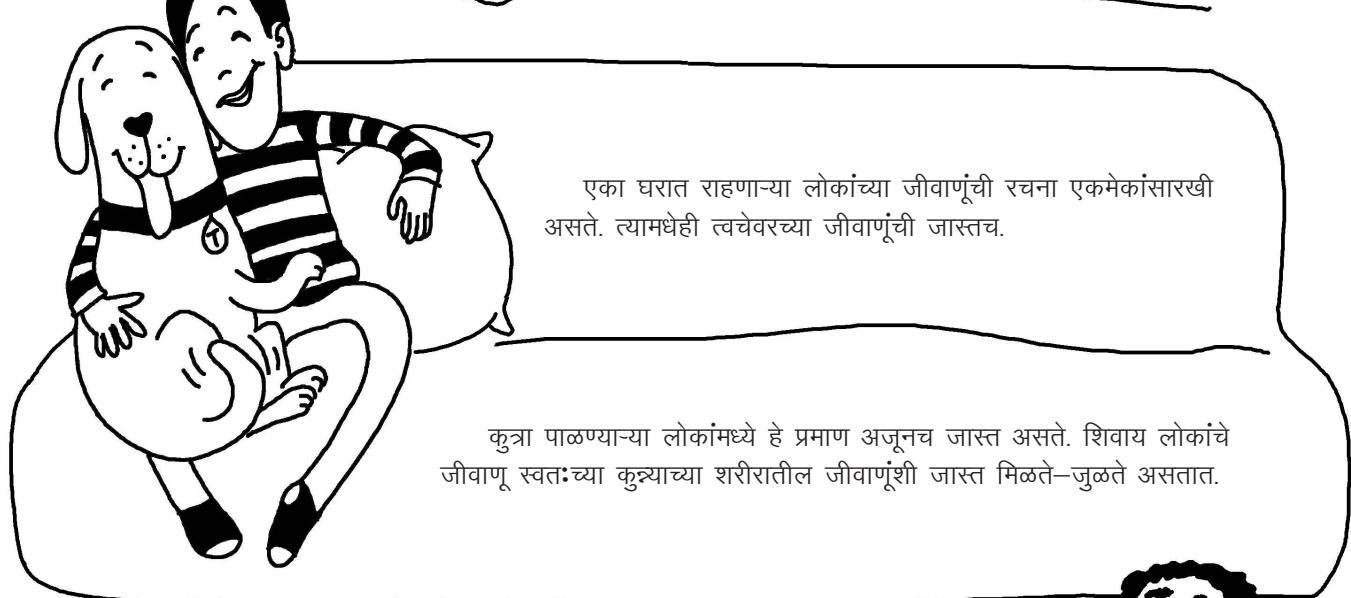
एका माणसाच्या कपाळावरील जीवाणूचे त्याच्या हातावरील
जीवाणूपेक्षा दुसऱ्या माणसाच्या कपाळावरील जीवाणूंशी जास्त
साम्य असतं.

एका माणसाच्या हातावरील जीवाणूंचा समुह मात्र दुसऱ्या माणसाच्या
हातावरील जीवाणूंचा समुहापेक्षा वेगळा असतो.

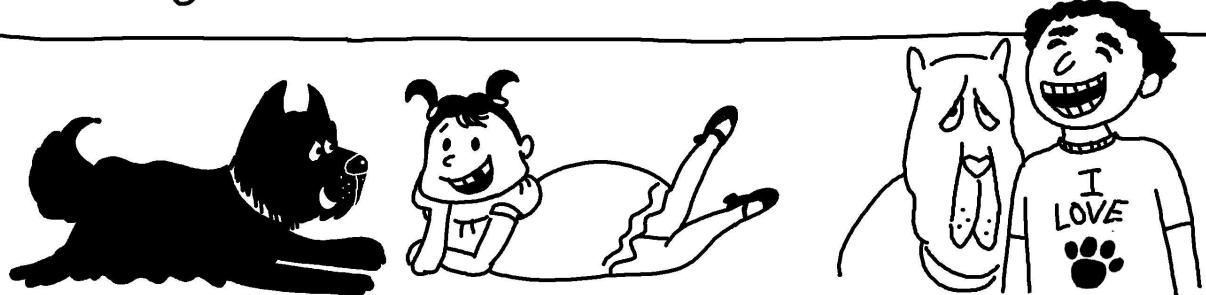




'युनिवर्सिटी ऑफ कॉलोराडो बोल्डर' इथल्या रॉब नाईट यांनी (आता ते 'युनिवर्सिटी ऑफ कॅलिफोर्निया सानडिएगो' मध्ये आहेत.) ज्या लोकांकडे पाळीव कुत्रे आहेत त्यांच्या जीवाणूंची रचना इतरांपेक्षा कशी वेगळी असते याचा पाठपुरावा केला.



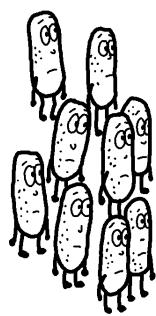
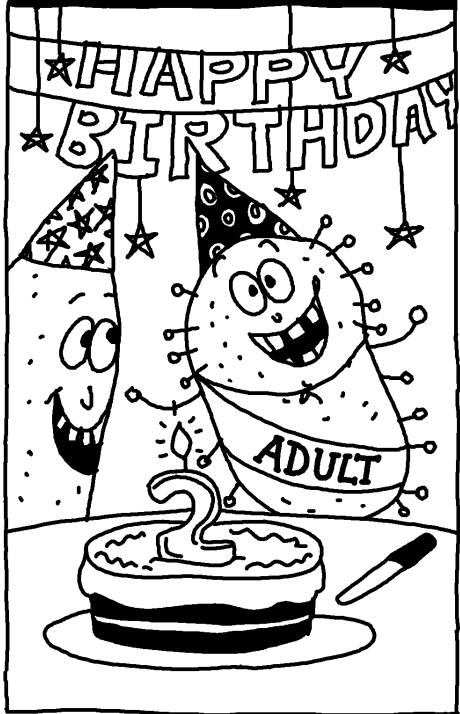
कुत्रा पाळण्याऱ्या लोकांमध्ये हे प्रमाण अजूनच जास्त असते. शिवाय लोकांचे जीवाणू स्वतःच्या कुन्ह्याच्या शरीरातील जीवाणूंशी जास्त मिळते-जुळते असतात.



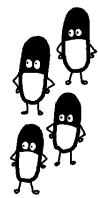
शास्त्रज्ञ या माहितीचा वापर करून कुटुंबांबरोबर त्यांच्या कुरुक्षुरांच्या अचूक जोड्या लावू शकतात. कदाचित लवकरच न्यायवैद्य या माहितीचा उपयोग करू शकतील. गुन्हेगारांच्या हातांचे ठसे जसे त्यांना ओळखण्यासाठी उपयोगी पडतात, तसेच त्यांच्या जीवाणूंचे 'ठसे' ही पडतील. गुन्हा कुरु घडला अशा अनेक प्रश्नांची उत्तरे शोधण्यात हे ठसे उपयोगी पडतील.



लहान बाळ जेव्हा साधारण दोन वर्षांची
होतात तेव्हा त्यांच्या जीवाणुंची रचना
मोठ्या माणसांसारखी दिसू लागते.



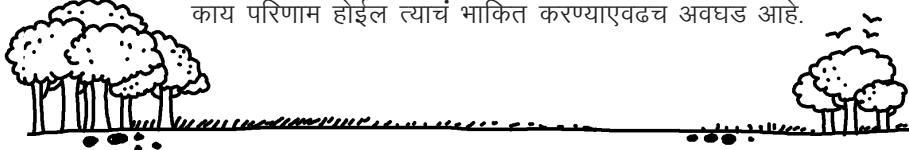
कुठल्याही मोठ्या आणि गुंतागुंतीच्या रचनेप्रमाणे
शरीरातील जीवाणुंची रचना ही सहसा एका स्थिर
अवस्थेत असते. प्रतीजैवीकांच्या सततच्या वापरामुळे
ती दुसऱ्या स्थितीत बदलू शकते.



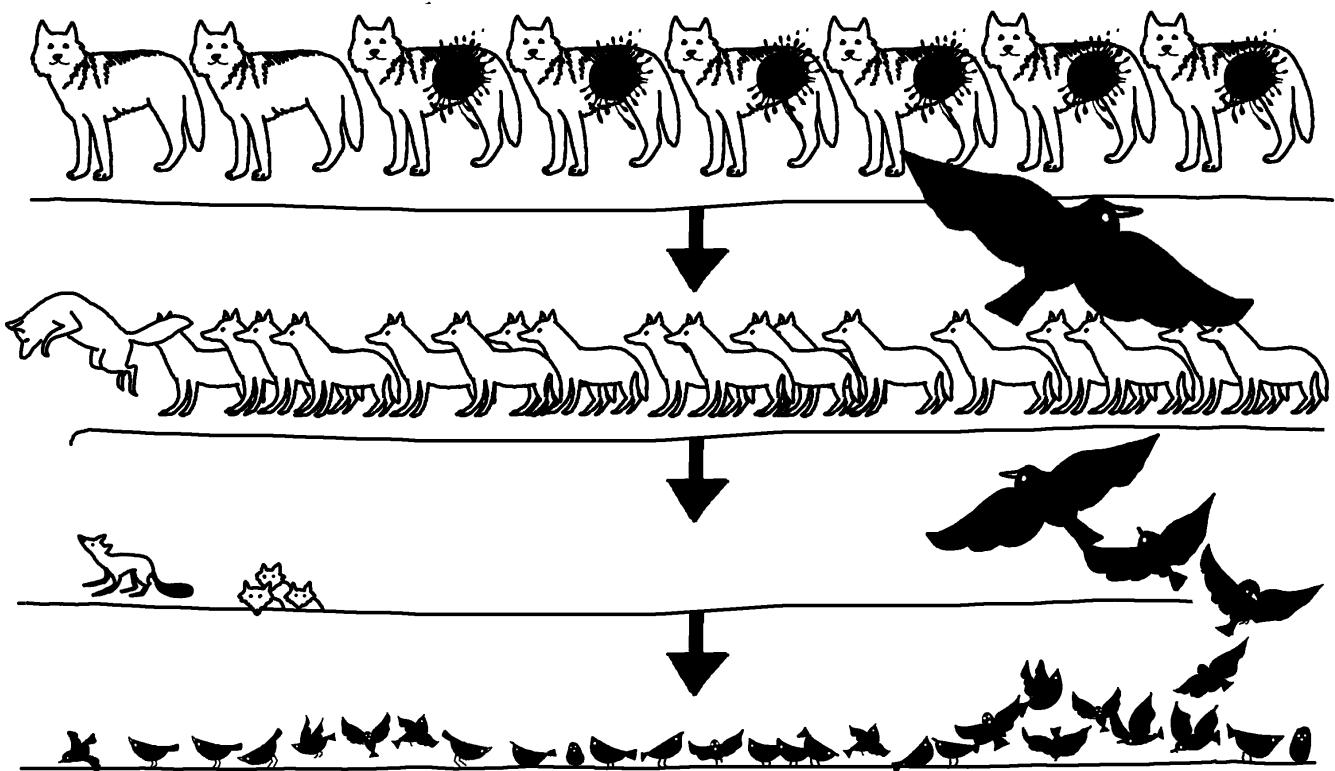
अंटीबायोटीक्स घेऊ नयेत असं मला नक्कीच
सुचवायचं नाही. परिस्थितीप्रमाणे अंटीबायोटीक्स
घेण्याचे फायदे तोटयांपेक्षा खूप जास्त असू
शकतात.



हे एखादी प्रजात नष्ट झाली तर त्याचा एकूण जंगलावर
काय परिणाम होईल त्याचं भाकित करण्याएवढच अवघड आहे.



अमेरिकेतील येलोस्टोन नॅशनल पार्क मध्ये एके काळी लांडग्यांची प्रचंड शिकार होत होती. यामुळे जेव्हा तिथले लांडगे नामशेष झाले, तेव्हा एल्क आणि कायोट (श्वानवर्गीय प्राणी) या प्राण्यांची संख्या वाढली. कायोटी हे खोकडांना मारतात, त्यामुळे खोकडांची संख्या कमी झाली आणि खोकड जे पक्षी खातात त्यांची संख्या वाढली.



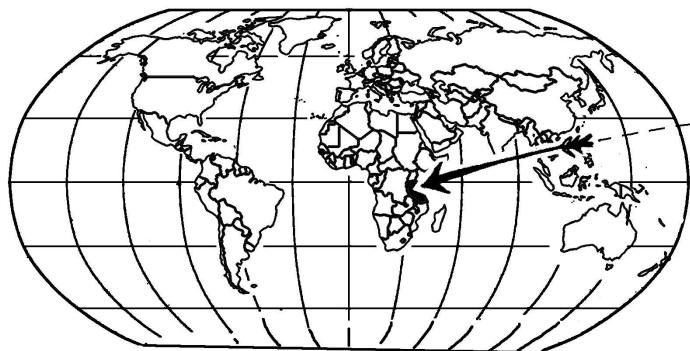
आसपासच्या कित्येक जारींवर या घटनेचे परिणाम झालेले दिसू लागले. .
येलोस्टोनची रथा गेली,

आणि शास्त्रज्ञांचे ती परिस्थिती सुधारण्याचे अनेक प्रयत्न फोल ठरले. शेवटी बाहेरून लांडगे आणून तेथे सोडावे लागले. तेव्हा येलोस्टोनची परिस्थिती सुधारली.

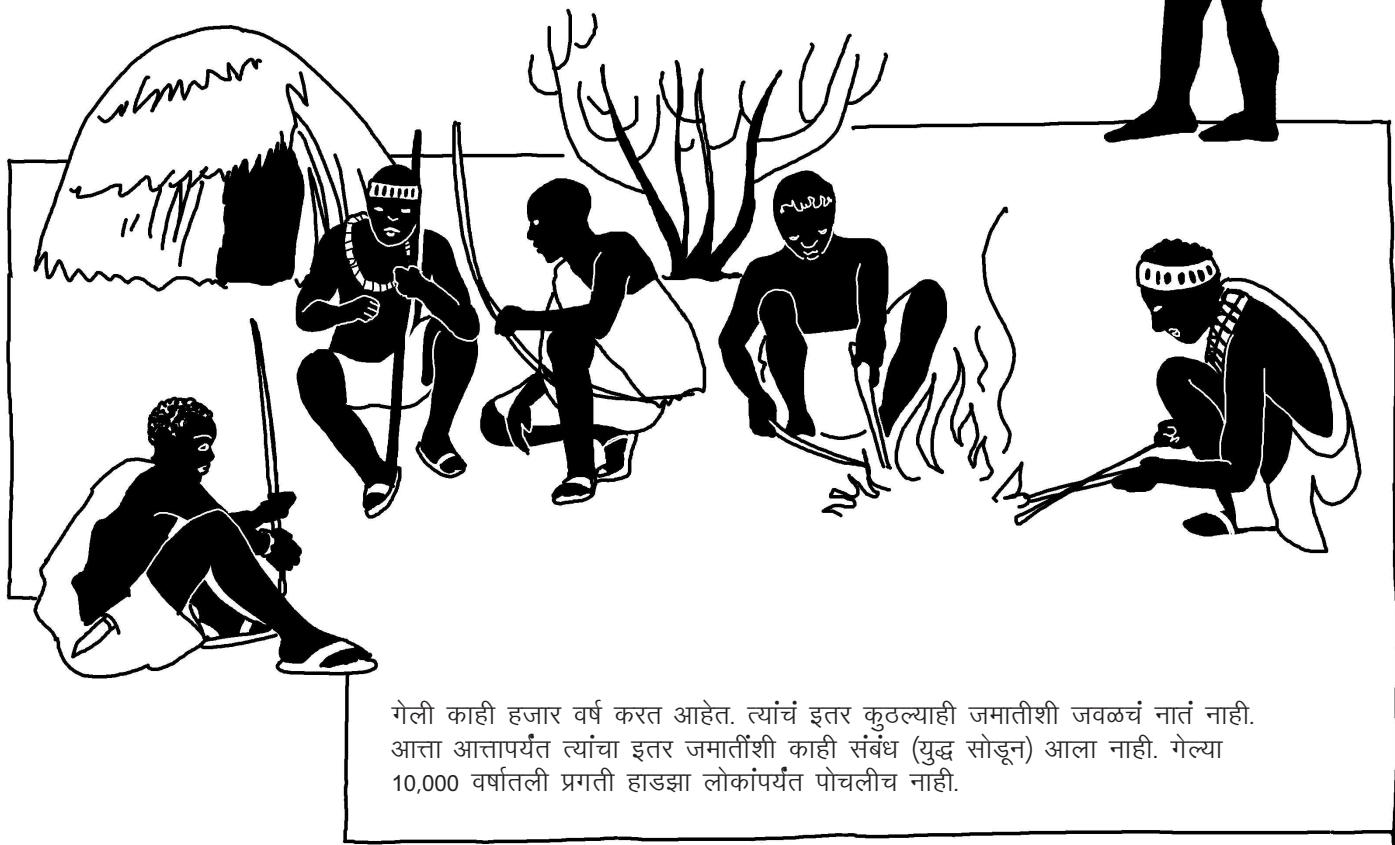
प्रतिजैविकांचा आपल्या जीवाणूवर कदाचित काहीसा असाच परिणाम होत असेल. ते समजण्यासाठी आपल्याला जीवाणूंचा अजून खूप अभ्यास करणे आवश्यक आहे.



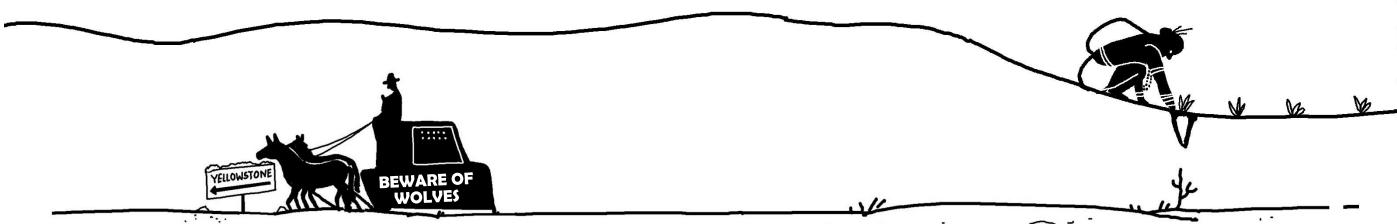
अजूनही चांदरात आहे

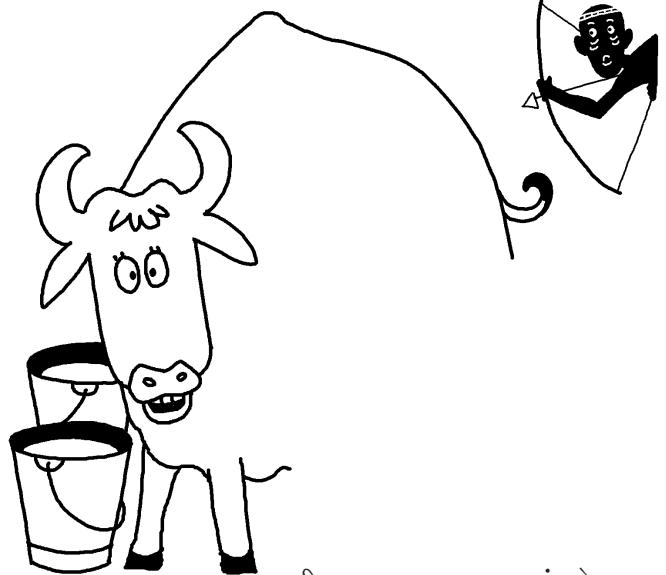


अगदी सुरुवातीला माणसांची उत्कांती जिथे झाली त्या मध्य-पूर्व आफ्रिकेत, शकडो हाडझा जमातीचे लोक अजूनही शिकार आणि कंदमूळं यावर गुजराण करतात.

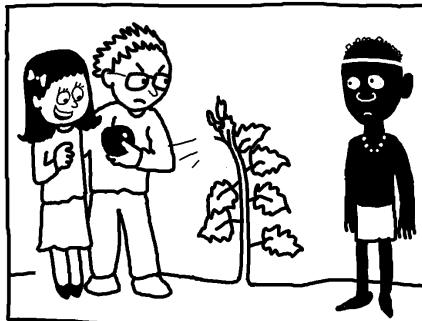
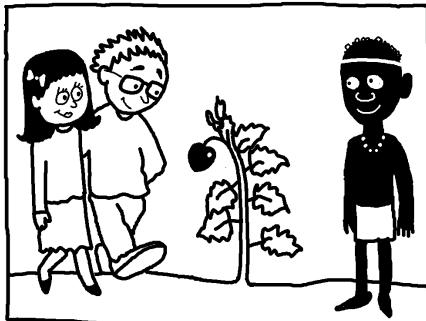


हाडझा पुरुष शिकार करतात किंवा मध गोळा करून आणतात. स्त्रिया फळ कंदमूळं गोळा करतात. आपण माणूस म्हणून आपल्या 95% इतिहासात हेच केलं आहे. म्हणूनच हाडझा लोकांच्या रुपाने आपल्या पूर्वजांच्या आयुष्यात डोकावण्याची संधी आपल्याला मिळाली आहे.

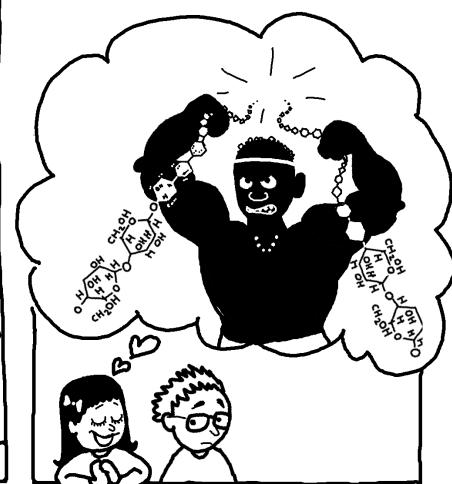
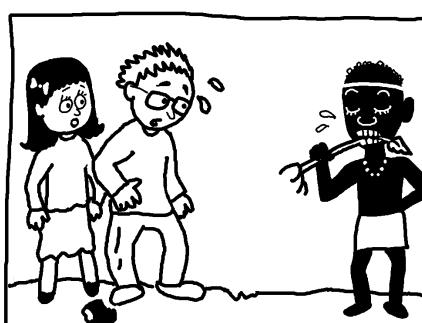




प्राध्यापक अमेंडा हेत्री यांनी हाडझा लोकांच्या जीवाणुंचा अभ्यास केला. त्यांना हाडझा पुरुषाच्या शरीरातील जीवाणु आणि स्त्रियांच्या शरीरातले जीवाणु हयात बराच फरक आढळला इतर कुठल्याही मानवी जमातीत असं दिसत नाही.

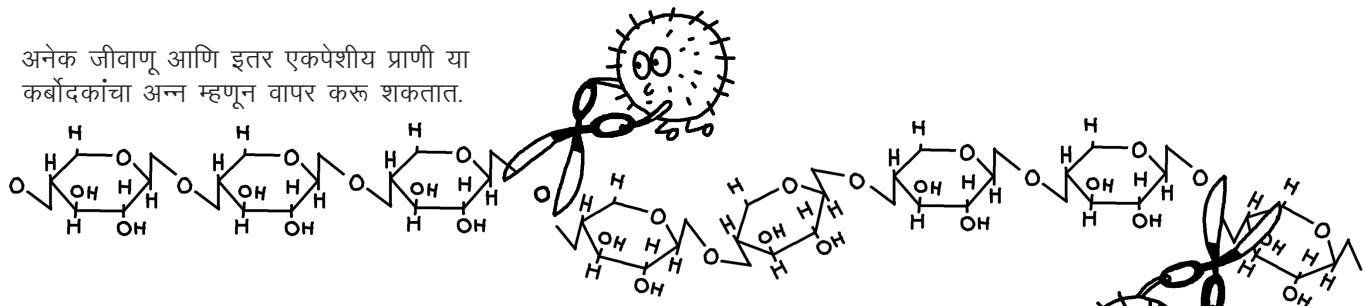


हाडझा लोक कंदमूळांतले तंतुमय पदार्थही पचवू शकतात. वनस्पतींच्या पेशींची आवरण cellulose आणि xylan या लांब कर्बोदकांची बनलेली असतात. पचवायला अत्यंत कठीण. (म्हणजे आपण असं म्हणायचं, कारण आपल्याला ते जमत नाही.)

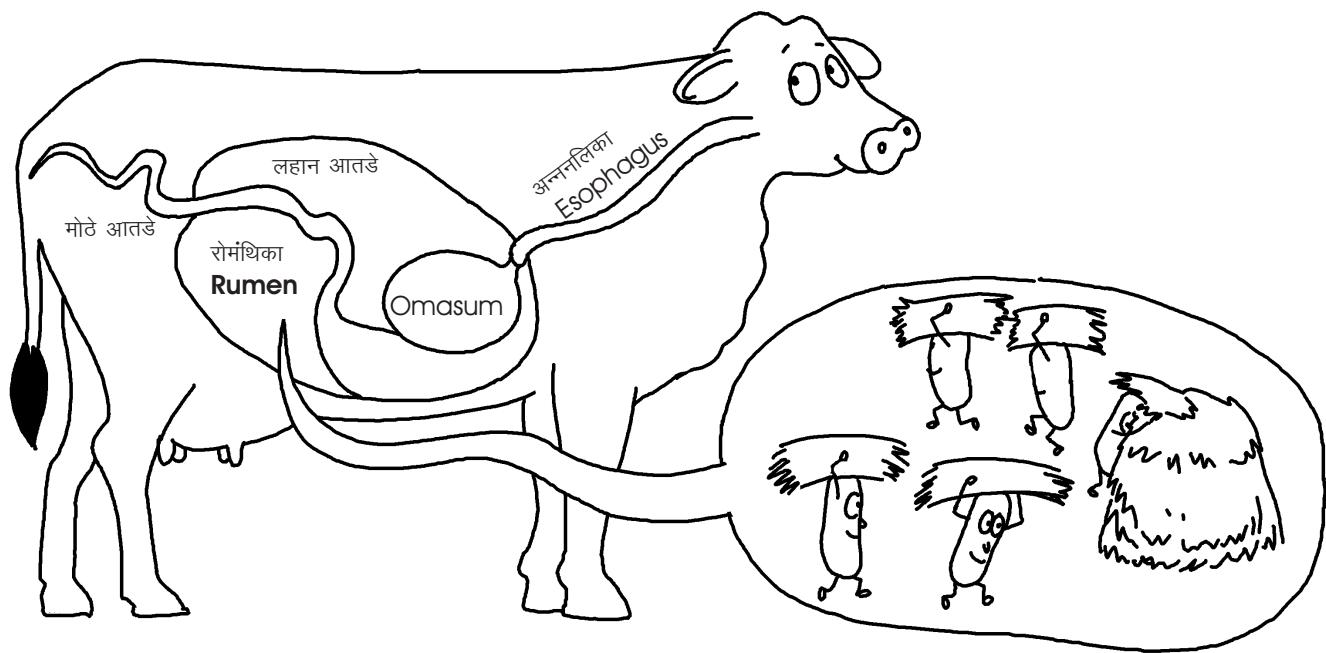


दुसरी इतर कुठल्याच माणसांमध्ये न आढळणारी गोष्ट म्हणजे दुध किंवा दुधाच्या पदार्थाशी निगडीत जीवाणु हाडझा लोकांच्या पोटात असत नाहीत. *Bifidobacteria* हे जीवाणु इतर सर्व माणसांमध्ये लहान बाळांमध्ये आणि मोट्ठ्या माणसांमध्येही दिसून येतात. हाडझा लोकांमध्ये मात्र ते बिलकूल दिसत नाहीत. हे निरीक्षण महत्वाचं असलं तरी तसं साहजिकच आहे कारण त्यांच्या आयुष्यात दुध, गुरं-ढोरं, याला काहीच स्थान नाही.

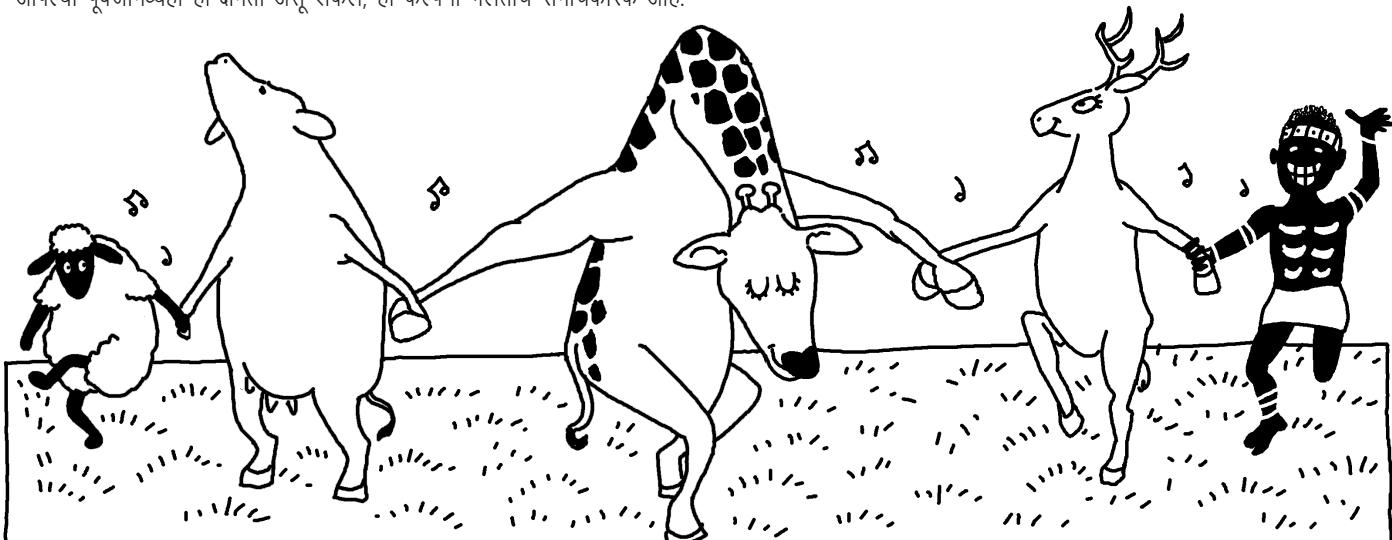
अनेक जीवाणू आणि इतर एकपेशीय प्राणी या कर्बोहाय्ड्रेटचा अन्न म्हणून वापर करू शकतात.



गायी, शेळ्या, जिराफ, असे प्राणी पोटातल्या एका कप्प्यात अशा जीवाणुना जागा देतात. या कप्प्याचं नाव आहे रुमेन. झाडांची पानं खाण्याची क्षमता या प्राण्यांना रुमेन मधल्या जीवाणुमुळे मिळते.

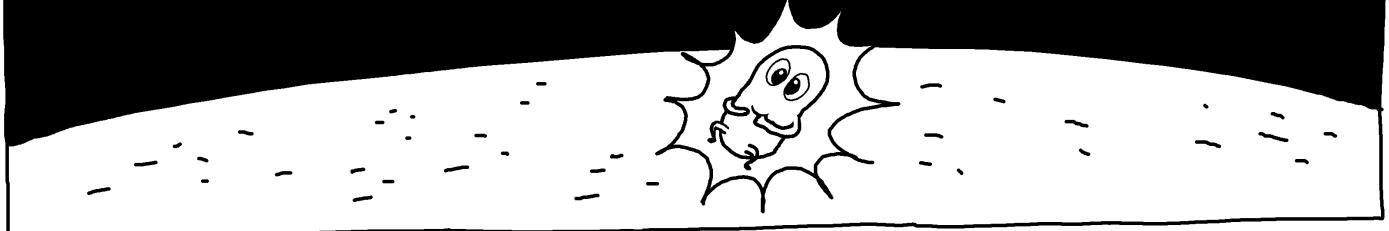


हाडझा लोकांच्या पोटातही असे काही जीवाणू सापडले आहेत. आपल्या पूर्वजांमध्येही ही क्षमता असू शकेल, ही कल्पना भलतीच रोमांचकारक आहे.

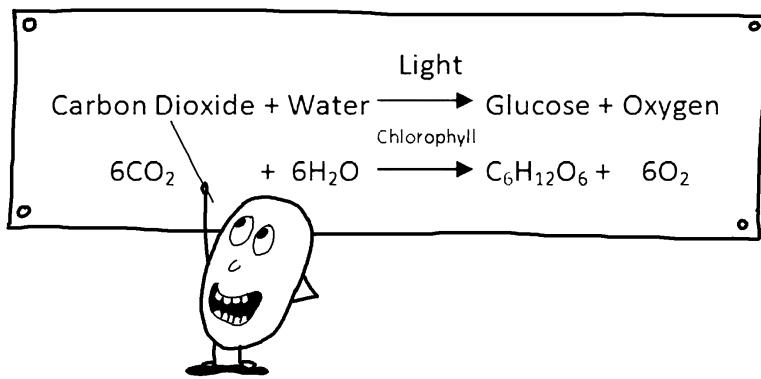


नाहीतरी हे शरीर नवकी कोणाचं आहे?

आता थोडे मागे जाऊन बघूया. साधारण 230 कोटी वर्षांपूर्वी पृथ्वीवरच्या जीवसृष्टीला इतिहासातील एका मोठ्या संहाराला सामोरे जावे लागले.



नुकताच (२० कोटी वर्षांपूर्वी – त्यामानाने नुकताच) साझोबॅक्टेरिया नावाच्या जीवाणुंचा उदय होत होता.

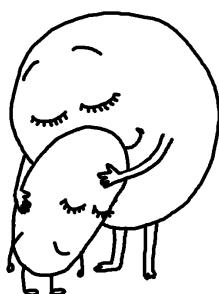


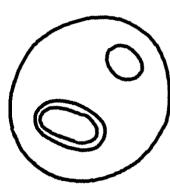
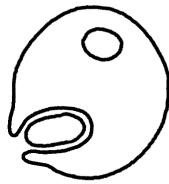
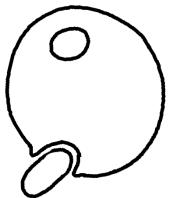
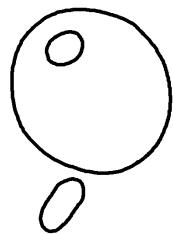
हे जीवाणु प्रकाश संश्लेषण करून उर्जा मिळवत. यातून एक वायू तयार व्हायचा – प्राणवायू.

प्राणवायू हा त्यावेळच्या जवळजवळ सगळ्या जीवांसाठी अत्यंत विषारी होता. हे विष तयार करणाऱ्या जीवाणुमुळे प्रचंड प्रमाणात पृथ्वीवरचे जीव नामशेष झाले.

प्राणवायू अजूनही जीवांसाठी विषारी असतो, आणि जे जीव प्राणवायूचा वापर करतात, किंवा निदान नुसतं प्राणवायूचं असणं सहन करतात, त्यांना अनेक प्रक्रिया करून प्राणवायूमुळे त्यांच्या पेशीची हानी भरून काढावी लागते. प्राणवायूबरोबर जगू न शकणारे जीव बिचारे हद्दपार झाले आहेत – काही ठराविक ठिकाणीच ते जगू शकतात. समुद्रतळापाशी, प्राण्यांच्या पोटात, वर्गीरे.

याच्यानंतर जवळपास दीड अज वर्षांनी ही cyanobacteria ची पेशी eukaryotic पेशीनी गिळली.



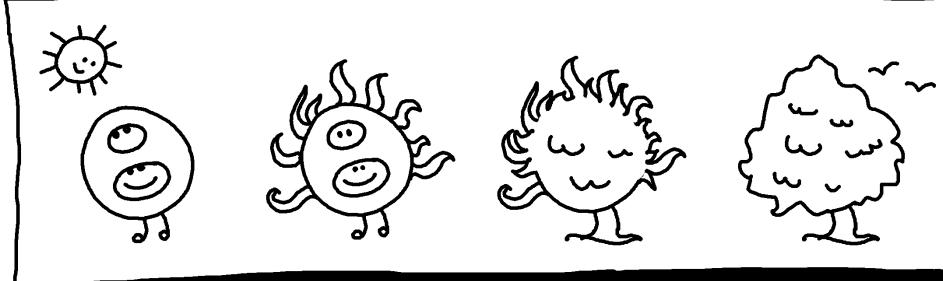


का काय माहीत, पण ही छोटी पेशी नष्ट न करता मोठया पेशीनी तिला आसरा दिला. याला परस्पर साहचर्य (endosymbiosis) म्हणतात.



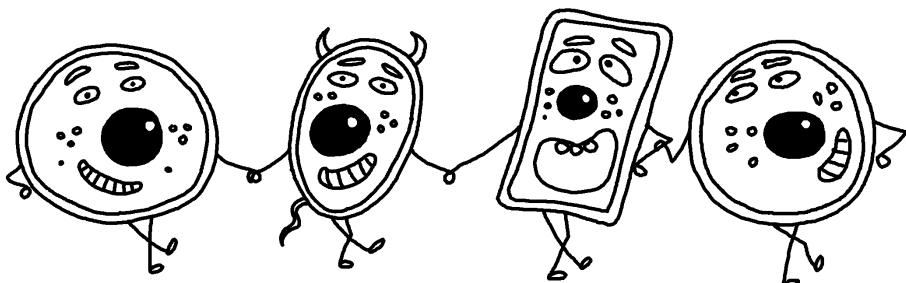
छोटया cyanobacteria पेशीला एक घर मिळालं, आणि मोठया पेशीला सूर्यप्रकाशाच्या आधारे स्वतःचे पोषण करता येऊ लागले.

उत्क्रांतीचा हा प्रयोग खूपच यशस्वी ठरला – झाडं, लाल अल्पी या सर्वांना त्या eukaryotic पेशीनीच पुढे जन्म दिला आहे.

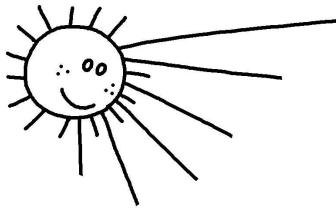


शिवाय अशा प्रकारच्या साहचर्याच्या उदय पृथ्वीवर अनेकदा झाला आहे. आपल्या पेशीतल्या मायटोकॉड्रीआ (पेशींचं मुख्य ऊर्जा केंद्र) याही अशाच घटनेतून तयार झाल्या आहेत.

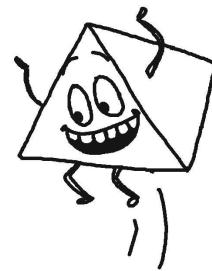
प्राणी, वनस्पती, बुरशी या सगळ्यांच्या पेशींमध्ये मायटोकॉड्रीआ असतात.



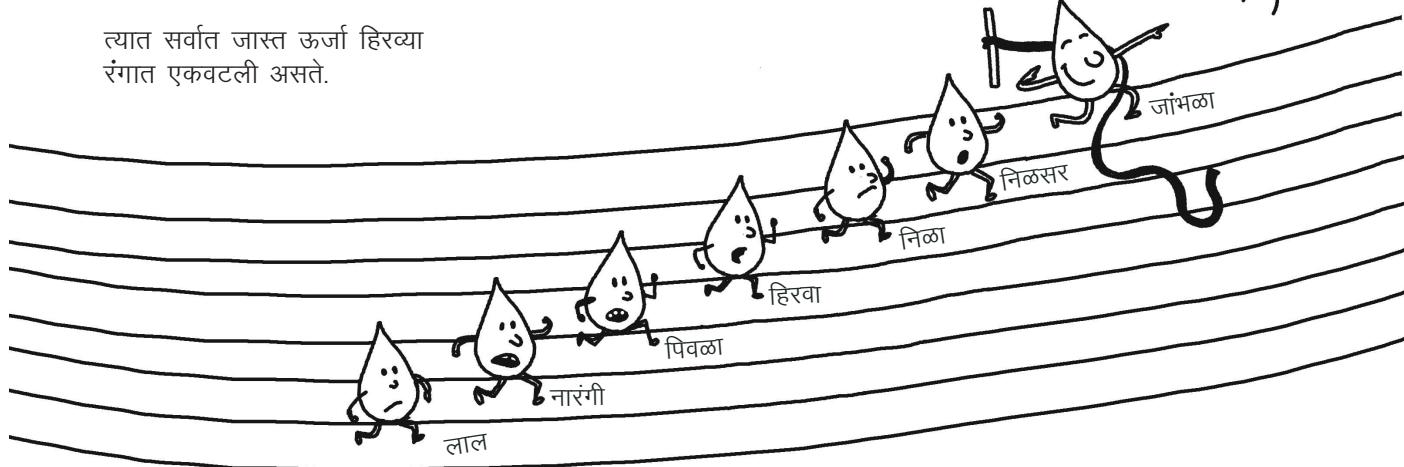
काही गोष्टी अशा अनेकदा स्वतंत्रपणे उत्क्रांत झाल्या आहेत. उत्क्रांती शास्त्रज्ञ याला सार्वत्रिक गुण (Universal features) म्हणतात.



काही वेगळ्या गोष्टींची उत्क्रांती एखाद्याच वेळी अपघातानी होत असते.
उदाहरणार्थे, झाडांची पानं हिरवीच असणं आवश्यक होतं का?
सूर्यप्रकाश अनेक रंगांचा बसलेला असतो-



त्यात सर्वात जास्त ऊर्जा हिरव्या
रंगात एकवटली असते.



शिवाय विद्युत चुबंकिय प्रारण (electromagnetic radiation) मधून
मिळणारी ऊर्जा लहरीची लांबी (तरंगलांबी –wavelength) जशी
वाढत जाईल तशी कमी होत जाते. लाल रंगाची तरंगलांबी
(wavelength) सर्वात जास्त, म्हणून उर्जा सर्वात कमी.

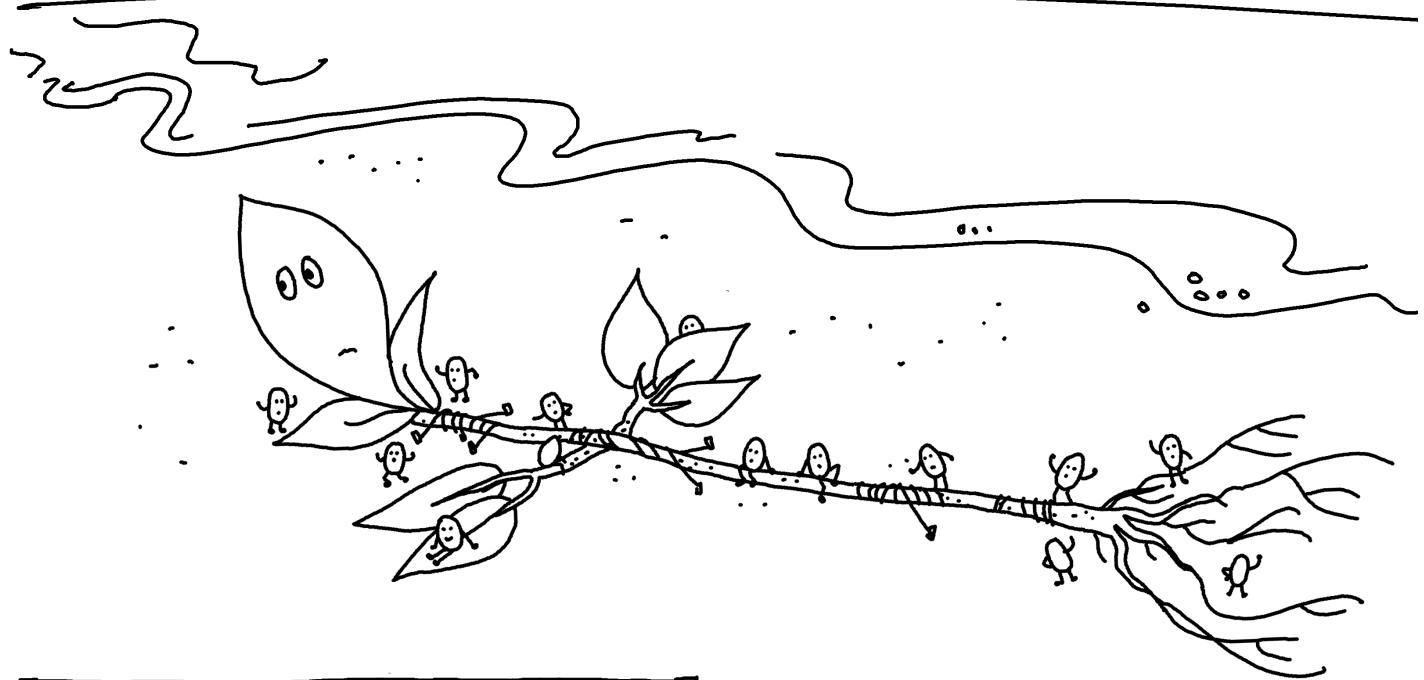


त्यामुळे सूर्यप्रकाशाचा जास्तीत जास्त उपयोग करणाऱ्या
पानांनी हिरवा प्रकाश शोषून घ्यायला हवा.
असं केलं तर ही पानं लाल आणि निळा प्रकाश परावर्तित
करतील. आपल्याला त्यामुळे ती जांभळी दिसतील,
हिरवी नाही.

त्यामुळे लाल सोडून सर्व रंग शोषून घेऊन लाल रंग
परावर्तित करणं हे सुद्धा पानांसाठी चांगलंच आहे.

म्हणूनच कोरा कागद देऊन जर कोणाला प्रकाशसंश्लेषण
करणारे जीव तयार करायला सांगितले तर ते लाल किंवा
जांभळे असतील. पण उत्क्रांती कोन्या कागदावर काम
करत नाही. आधीच्या जीवांमध्ये छोटे छोटे बदल
होऊनच उत्क्रांती होत जाते.

लीलीपुटचे लोक



आपल्या शरीरात राहतात तसेच लक्षावधी जीवाणू
झाडांमध्ये, झाडांवर, मुळांमध्ये, पानाफुलांवर,
फांद्यावर, आणि झाडांच्या आसपासही राहतात.



ते सगळं ठीक आहे, पण या माहितीचा
आपल्या दृष्टीनी काय उपयोग? तुम्हाला
हे काम करण्यासाठी का निधी/अनुदान मिळावं?



तुम्ही झाडांचा अभ्यास का करताहात?

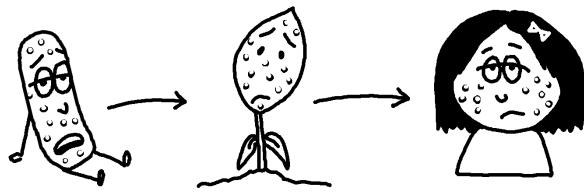


झाडांच्या आरोग्याचा कितीतरी प्रकारे आपल्या आरोग्यावर
परिणाम होत असतो. आपला आहार, पर्यावरण



ठीक आहे,

वनस्पतीची वाढ आणि आरोग्य यामध्ये
जीवाणूंचा मोठा गाटा असतो. खाद्य पदार्थांमध्ये
वापरत्या जाणाऱ्या वनस्पतींमार्फत आपल्या
आरोग्यावरही ते परिणाम करत असतात.



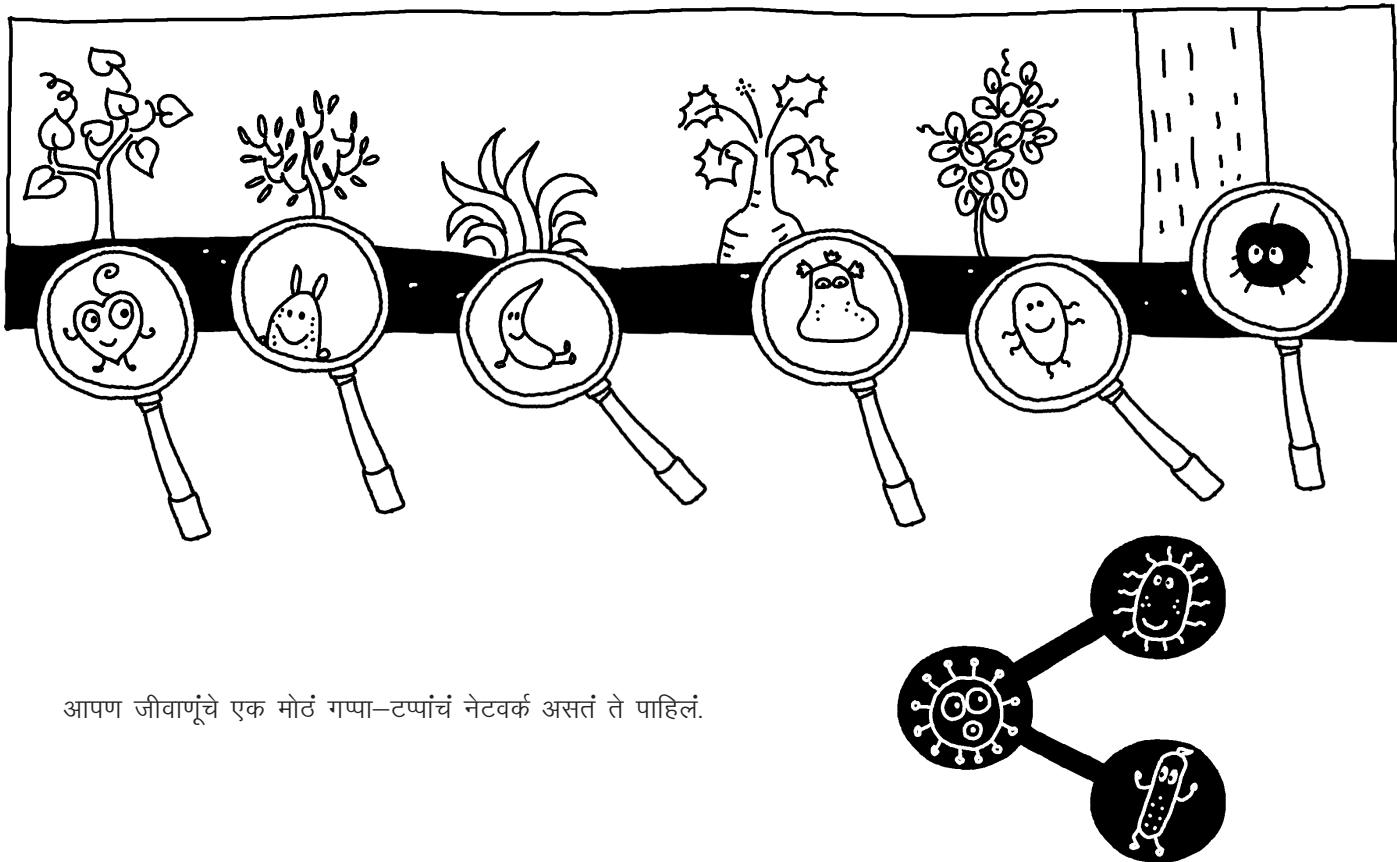
Rhizosphere: झाडांच्या मुळांमधल्या स्त्रावामुळे
ज्याच्यावर परिणाम होतो असा मातीचा छोटा प्रदेश
आणि त्यातील जीवाणूंचा समूह.



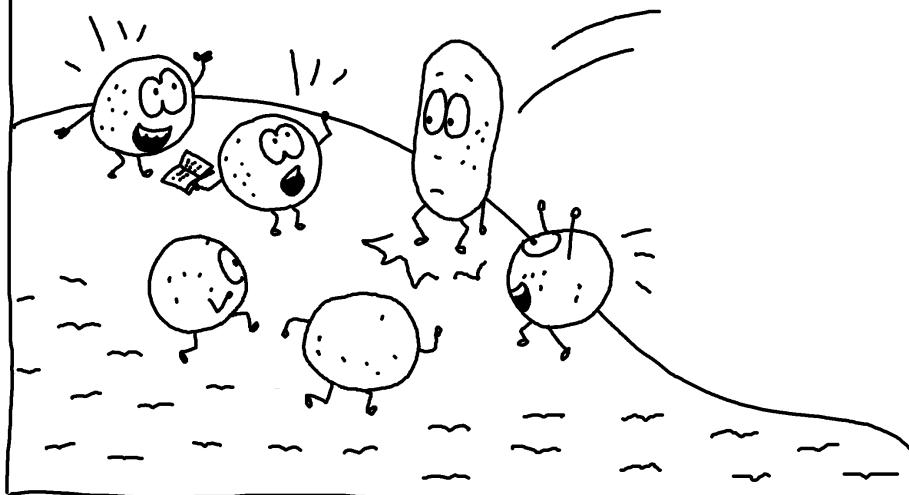
जेस्स हटन संस्थेमधल्या एलिसन बेनेट आणि त्यांच्या सहकाऱ्यांना असं लक्षात आलं की
मातीतल्या जीवाणूंचा प्रभाव जमिनीखाली दिसतो त्यापेक्षा जास्त जमिनीवर दिसतो. त्यांच्या
मते मुळांवर राहणाऱ्या जीवाणूंचा अभ्यासही मुळांच्या अभ्यासासारखाच महत्वाचा आहे.



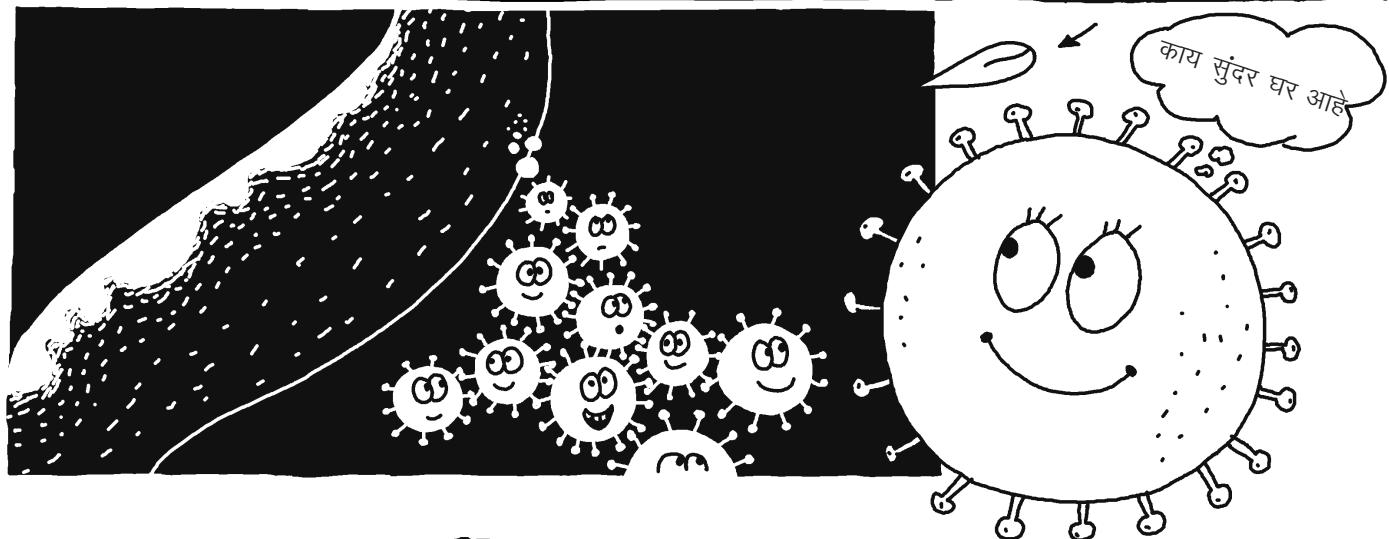
आपण वेगवेगळी झाडे एकाच ठिकाणी लावली तरी त्यांच्या आसपास वाढणारा जीवाणूंचा समुदाय वेगवेगळा असतो.



जेव्हां जीवाणू दुसरीकडून कुटून तरी मातीमध्ये/झाडांवर येतात तेव्हा तिथे आधीपासून असलेले जीवाणू त्याना झाडांवर जगण्याचं आणि अन्न मिळवण्याचं तंत्र शिकवतात.

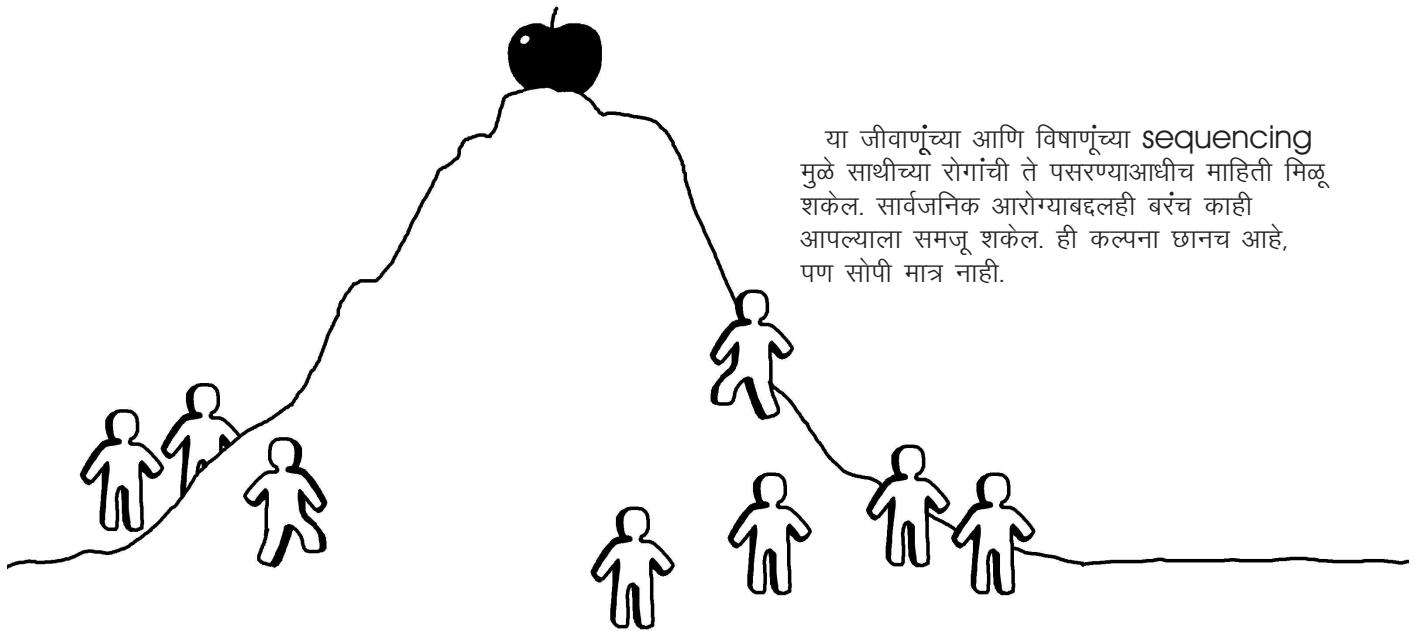
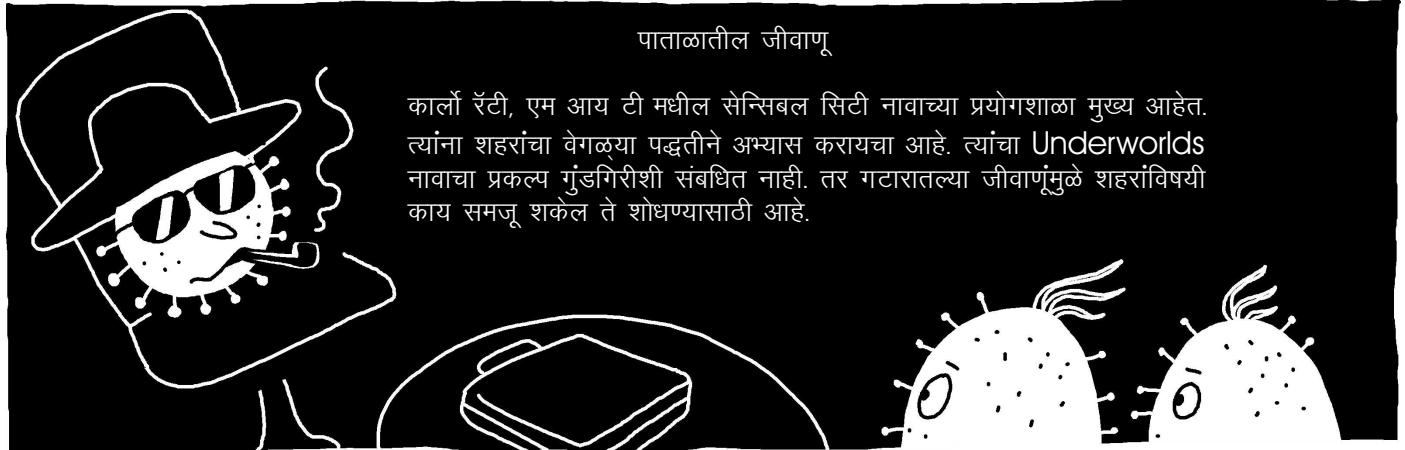


Endophytes म्हणजे वनस्पतीच्या शरीरात वाढणारे जीव.

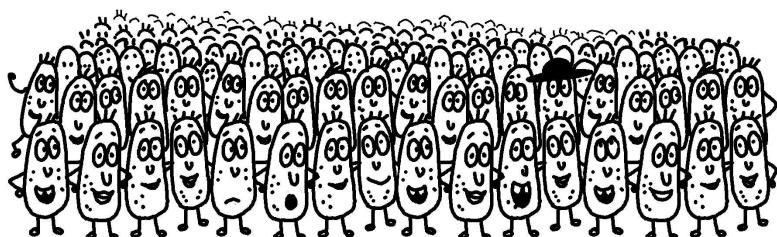


बियांमध्ये असलेले Endophytes मुळे आणि rhizosphere मध्ये वसाहत करू शकतात. नुकत्याच जन्मलेल्या बालाकडे जसा आईकडून सूक्ष्मजीव समूदाय जातो तसे वनस्पतीमध्ये पण हाते पण थोडया वेगळ्या प्रकारे!

भविष्य तसं ते आत्ताच इथे आलं आहे



काही जीवाणू इतरांपेक्षा खूप मोठक्या प्रमाणावर आढळून येतात, काही इतरांपेक्षा खूप कमी काळ टिकाव धरतात.



रोगकारक जीवाणुंचा शोध घेण्यासाठी, हे अडथळे दूर करण्याचाच तेवढा अवकाश आहे.



रॅब नाइट यांनी एक असेच भाकित केले होते
 – हुशार स्वच्छतागृहे. या बाथरूम्स जीवाणूंच्या जनुकांचा
 क्रम ठरवून Genomic sequence जेव्हा तुम्हाला
 डॉक्टरांकडे जायची गरज असेल तेव्हा आधीच सांगतील!
 शिवाय तुमच्या मोबाईलवर तुम्हाला मेसेज पण पाठवतील.



रोगाची लक्षणे लवकर दिसणे हे रोग थोपवणे किंवा बरं रोगातून
 बरं होण्यासाठी खूप महत्त्वाच असतं.

काही वषांपूर्वी मोबाईलसुद्धा आत्ताइतके सर्वव्यापी व स्वस्त नव्हते. जीवाणूंच्या क्रमवारीचे
 तसेच होइल अशी चिन्हे आहते.

आणि त्याचा उपयोग फक्त श्रीमंत देशांसाठी नाही – उलट
 या माहितीचा उपयोग करून विकसनशील देशांमधले अनेक
 प्रश्न सुटू शकतील – उदा. आपण जो मलावी मधला प्रयोग
 पाहिला त्यामुळे कुपोषित मुलांना जीवाणू देऊन त्यांची तब्बेत
 सुधारू शकेल.

आणि आपल्या जीवशास्त्राच्या
 आकलनामध्येही खूप भर पडेल.
 पण फंडिंग एजन्सीला हे सांगू नका बरं का!



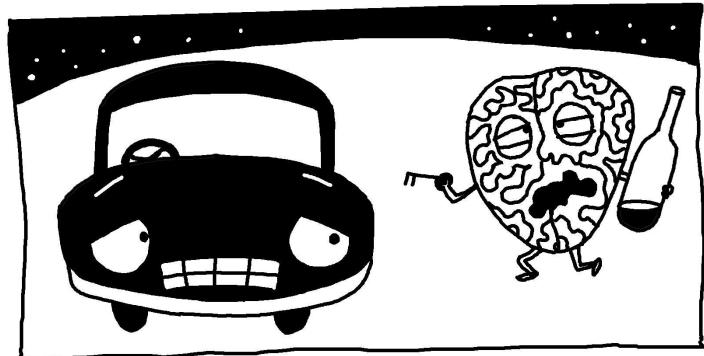
नवीन वारे



उत्तर अँगीझोना विद्यापीठातल्या ग्रेग कॅपोरासो यांच्या प्रयोगशाळेत घरासारख्या बंदिस्त जागांमधल्या जीवाणूंचा अभ्यास करतात नाहीतरी आपण नको इतका वेळ अशा बंदिस्त जागांमध्ये घालवतो. पन्नास हजार वर्षांपूर्वी आफ्रिकेत रहाणाऱ्या आपल्या पूर्वजांपेक्षा खुपच जास्त. उत्क्रांतीचा वेग आपल्या सवयी बदलतात त्यापेक्षा कमी असतो.



आपल्याला अजूनही उंधीवी भीती वाटते. आपल्या मेंदूच्या रचनेत उपजतच ही भीती असते. आपल्या झाडांवर रहाणाऱ्या पूर्वजांसाठी ही भीती आवश्यक होती. प्रचंड वेगानी गाडी चालवताना आपले हातपाय भीतीनी गारठून जात नाहीत. आपल्याला ते धोकादायक असतं असं माहिती असतं, पण आपल्या आतून ही भीती वाटत नाही.



उत्क्रांती अजूनपर्यंत आपल्या घरात वेळ घालवण्याच्या सवयीपर्यंत पोहचलेली नाही. जीवाणूंच्या दृष्टीने चांगली, अधिक आरोग्यदायी घरं कशी बांधायची याचा अभ्यास म्हणूनच महत्वाचा आहे.

माऊंट सायनाई मधल्या होजे क्लेमेंटे आणि जेरेमाहया फेथ यांच्या प्रयोगशाळांमध्ये असोशी (एलर्जी) आणि Inflammatory Bowel Disease (IBD) यांचा अभ्यास केला जातो. वेगवेगळ्या अन्नशैलीचा पोटातल्या जीवाणूंवर काय परिणाम होतो हेही ते बघतात. काही ulcerative colitis सारख्या पोटाच्या विकारांचे रुग्ण faecal transplant ने बरे झाले आहेत. अलर्जी आणि प्रतिकार शक्ती चे विकार बरे करण्यात जीवाणूंचा वापर भविष्यात मोठ्या प्रमाणावर होईल असा शास्त्रज्ञांचा अंदाज आहे.

TIME

The Person of the Year

You

— You 2006 मध्ये Time Magazine ने कोणाला
the person of the year* घोषित केलं माहित आहे?

: 'तुम्हालाच' !

तुम्ही विकिपीडियावर लेख लिहून सर्वांना
उपलब्ध असलेल्या ज्ञानकोशात भर घालत असाल. तुमच्या
आरोग्याची जी माहिती शास्त्रज्ञांना उपलब्ध होते त्यामुळे
वैद्यकशास्त्राची प्रगती होत असते. कदाचित distributed
computing मध्ये सहभाग घेऊन तुम्ही जगाच्या
संगणकीय शक्तीत भर घालत असाल. Human microbes
project हा प्रकल्प खूप मोठा आहे, पण त्यात
मुख्यतः उत्तर अमेरीकन लोकांच्या जीवाणूंविषयीच
माहिती आहे. American Gut project, Earth
Microbes project यांचंही तसंच. वेगवेगळ्या
देशांतल्या लोकांचे जीवाणू, वेगवेगळ्या परिस्थितीत,
कसे बदलतात याची माहिती आपल्याला हवी आहे.
सगळ्यांनी या क्रांतीत उडी घ्यायला हवी आहे.

Quantitative Insights Into Microbial Ecology (QIIME)

उच्चार चाईम (नावाचा
open&source प्रकल्प
जीवाणू विश्वाचा अभ्यास
करण्यासाठी संगणकीय
साधनं तयार करतो. जगातल्या अनेक प्रयोगशाळा
यात सहभागी होतात. तुम्हाला प्रोग्रेमिंग ची आवड
असेल, तर तुम्हीही त्यात जरुर सहभाग घेऊ शकता.
हे सगळं का बरं?

विश्वात 10चा 24वा घात ($10^{\wedge} 24$) तारे तर पृथ्वीवर 10चा 30वा घात ($10^{\wedge} 30$)
जीवाणू आहेत. "माझ्या मते एखाद्या नव्या जीवाणूंच्या प्रजातीचा शोध लागणं हे एखाद्या
नव्या तान्याचा शोध लागण्याएवढंच अदभूत असतं." जॅनेट जॅनसन (बर्कलीमधल्या प्राध्यापक).



Notes

Getting in touch with our microbial selves

The incidence of infectious diseases is decreasing, but autoimmune and allergic diseases are on the rise.

Bach, Jean-François. "The effect of infections on susceptibility to autoimmune and allergic diseases." *New England journal of medicine* 347.12 (2002): 911-920.

Male lions hunt at night.

Loarie, Scott R., Craig J. Tambling, and Gregory P. Asner. "Lion hunting behaviour and vegetation structure in an African savanna." *Animal Behaviour* 85.5 (2013): 899-906.

The 'Liver'age microbes have

Gut microbes determine the liver toxicity of Tylenol.

Clayton, T. Andrew, et al. "Pharmacometabolic identification of a significant host-microbiome metabolic interaction affecting human drug metabolism." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106.34 (2009): 14728-14733.

Gut feelings

Gut microbes help to determine whether you are

lean or obese. Smith, Michelle I., et al. "Gut microbiomes of Malawian twin pairs discordant for kwashiorkor." *Science* 339.6119 (2013): 548-554.

Gut that learns from the food

Transfer of genes encoding CAzymes, from marine bacteria to gut microbes of Japanese people, enable digestion of red algae. Hehemann, Jan-Hendrik, et al. "Transfer of carbohydrate-active enzymes from marine bacteria to Japanese gut microbiota." *Nature* 464.7290 (2010): 908-912.

Gut microbes can communicate with brain, and alter emotional state of mice.

Bravo, Javier A., et al. "Ingestion of Lactobacillus strain regulates emotional behavior and central GABA receptor expression in a mouse via the vagus nerve." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108.38 (2011): 16050-16055.

'Us' and 'Them.'

Quorum-sensing system may regulate virulence of microbes in normal flora.

Erickson, David L., et al. "Pseudomonas aeruginosa quorum-sensing systems may control virulence factor expression in the lungs of patients with cystic fibrosis." *Infection and immunity* 70.42002): 1783-1790.

Gut microbial antigens are presented to developing T cells in thymus.

Cebula A., et al. Thymus-derived regulatory T cells contribute to tolerance to commensal microbiota. *Nature* (2013) May 9;497(7448):258-62. doi: 10.1038/nature12079.

Hepworth R., et al. Innate lymphoid cells regulate CD4+ T-cell responses to intestinal commensal bacteria. *Nature* (2013) doi:10.1038/nature12240.

Skin-changers

Families share microbiome with each other.

Having a dog results in more sharing of microbes between the members of the families.

Song, Se Jin, et al. "Cohabiting family members share microbiota with one another and with their dogs." *Elife* 2 (2013): e00458.

Grice, Elizabeth A., et al. "Topographical and temporal diversity of the human skin microbiome." *science* 324.5931 (2009): 1190-1192.

Infant gut microbes determine risk of SIDS.

Hight, Amanda R., et al. "Gut microbiome in sudden infant death syndrome (SIDS) differs from

that in healthy comparison babies and offers an explanation for the risk factor of prone position." International Journal of Medical Microbiology 304.5 (2014): 735-741.

Where dawn was frozen

Microbiome of Hadza hunter-gatherers is unlike any other human population.

Schnorr, Stephanie L., et al. "Gut microbiome of the Hadza hunter-gatherers." *Nature Communications* 5 (2014).

Whose body is it anyway?

Mitochondria in our cells often called the powerhouse of the cell have resulted from a similar endosymbiotic event.

Sagan, Lynn. "On the origin of mitosing cells." *Journal of theoretical biology* 14.3 (1967): 225-256.

Oxygen was toxic to a huge fraction of organisms present at the time, and these poison breathing bacteria occasioned a mass extinction.

Sperling, Erik A., et al. "Oxygen, ecology, and the Cambrian radiation of animals." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110.33 (2013): 13446-13451.

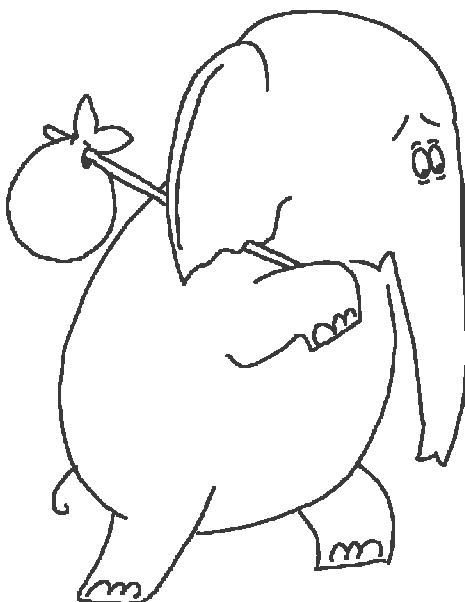
The Elephant's Trunk, and The Tiny People of Lilliput

Soil microbiome has a strong effect above the ground as well as the way it does below it

Bennett, Alison E., et al. "Plant lignin content altered by soil microbial community." *New Phytologist* 206.1 (2015): 166-174.

आभार

हे पुस्तक पूर्ण करायला मदत करणाऱ्या सर्वांचे
मनापासून आभार – आयुका मुक्तांगण विज्ञान शोधिकेतील
अरविंद गुप्ता आणि अशोक रूपनेर, नवाजबाई रतन टाटा ट्रस्ट,
वर्षाताई सहस्रबुद्धे, आयकान स्कूल ऑफ मेडिसिन अंट
माउंट सायनाइ येथील प्राध्यापक होजे क्लेमेंटे आणि
प्राध्यापक एमीएर केनी, नेशनवाईड चिल्ड्रन्स हॉस्पिटल,
कोलंबस येथील डॉ. अनिबान बॅनर्जी, होमी भाभा विज्ञान
शिक्षण केंद्रातील डॉ. शेखर किण्णन, लेखक सारनाथ बॅनर्जी
आणि
अर्थातच माझे कुटुंबीय आणि मिजमंडळी!



‘आहे सूक्ष्म तरीही’

हे एक सूक्ष्मजीवांचे विश्व,
त्यांचे वास्तव्य, त्यांचे एकमेकातील
साहचार्य यावर आधारित मजेशीर पुस्तक आहे.
त्यात सूक्ष्मजीव आणिमानव यांच्या एकमेकातील
सहजीवनाची आकर्षकरित्या उकल केलेली आहे.
हे पुस्तक छोट्याना तसेच मोठ्यांनाही
हया मजेमजेच्या सूक्ष्मजीवांच्या
दुनियेची सफल घडवून
आणेल.